

**DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA INTEGRAR LOS SERVICIOS  
DE TELECOMUNICACIONES, EN LAS SEDES QUE TIENE EN EL CAUCA LA  
IPS-I ACIN.**

**“UN APOORTE A LA SALUD INTERCULTURAL”**

**ADRIAN VALENCIA ZAMBRANO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA INTEGRAR LOS SERVICIOS  
DE TELECOMUNICACIONES, EN LAS SEDES QUE TIENE EN EL CAUCA LA  
IPS-I ACIN.  
“UN APOORTE A LA SALUD INTERCULTURAL”**

**ADRIAN VALENCIA ZAMBRANO**

**Pasantía institucional para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director  
HECTOR JOSE GOMEZ GONZALEZ  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**ZEIDA MARIA SOLARTE**

---

**Jurado**

**HELMUT RUBIO**

---

**Jurado**

**Santiago de Cali, 18 de Junio de 2013**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi Papá, Jaime Valencia Q.E.P.D**

Por los ejemplos de superación, perseverancia y constancia que lo caracterizaban y que me inculco por siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su especial cariño.

### **A mi Mamá, Flor Elia Zambrano.**

Por haberme educado y soportar mis errores. Gracias a tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad.

### **A mis Hijos Juan David, Stephania y Gabriela.**

Por ser los impulsores para obtener el título Profesional, por su pregunta constante de Juancho, ¿Papá, cuando te vas a graduar?, y por comprender el porque no salíamos a divertirnos algunos fines de semana, mientras lo dedicaba a la culminación del trabajo de grado.

### **A Juliana María Benavides Castillo.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores, por la motivación constante que me ha permitido convertirme en una persona emprendedora y productiva.

### **A mi maestro, Ing. Héctor José Gómez Gonzales.**

Por su paciencia, tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitió en el desarrollo del trabajo de grado y culminación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la IPS-I ACIN, autoridades indígenas, administrativos y demás, por permitir realizar mi pasantía institucional, brindando sugerencias y aporte profesional para el avance tecnológico en el área de las telecomunicaciones.

## CONTENIDO

	Pág
RESUMEN.....	24
INTRODUCCION.....	26
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	29
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	30
2. JUSTIFICACION.....	32
3. OBJETIVOS.....	35
4. MARCO TEORICO.....	36
4.1 REDES INALAMBRICAS.....	36
4.1.1 ESTANDAR IEEE 802.11x.....	37
4.2 MICROONDAS.....	40
4.2.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.....	41

4.2.2 ENLACES MICROONDAS.....	43
4.2.3 ZONA DE FRESNEL.....	44
4.2.4 ELEMENTOS DEL PRESUPUESTO DE UN ENLACE.....	45
4.2.5 GANANCIA DEL SISTEMA.....	46
4.2.6 HERRAMIENTAS DE SIMULACION.....	50
4.3 COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS DE RADIO.....	53
4.3.1 DESVANECIMIENTO.....	53
4.3.2 REFLEXION.....	54
4.3.3 DIFRACCION.....	55
4.3.4 ATENUACION.....	56
5. METODOLOGIA.....	57
5.1 CONTEXTO GEOGRAFICO.....	57
5.2 SIMULACION DE MICROONDAS Y WIRELESS.....	58
5.3 RECOMENDACIÓN DE EQUIPOS Y PROVEEDORES.....	58
6 CONTEXTO GEOGRAFICO.....	59

6.1	GEOGRAFIA Y POBLACION.....	59
6.2	PUNTOS DE LA RED .....	63
6.3	PERCEPCION DE LIDERES INDIGENAS.....	67
7	DISEÑO DE ENLACES MICROONDAS.....	68
7.1	DISTANCIAS ENTRE ESTACIONES DE RADIO (RBS).....	69
7.2	FRECUENCIAS.....	70
7.3	CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA TRAYECTORIA EN EL ESPACIO LIBRE.....	71
7.4	ZONA DE FRESNEL.....	73
7.5	CALCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	70
7.6	SIMULACION DE RADIO ENLACES CON MICROWAVE SYSTEM PLANNER DE ANDREW.....	79
7.7	SIMULACION DE RADIO ENLACES CON RADIO MOBILE.....	83
7.8	TOPOLOGIA DE LA RED TRONCAL.....	95
8	DISEÑO DE ENLACES WIRELESS.....	96
8.1	DISTANCIA ENTRE RBS Y PUNTOS DE LA RED.....	96



8.2	FRECUENCIA.....	98
8.3	TECNOLOGIA DE RADIO MIMO (MULTIPLE ENTRADA MULTIPLE SALIDA).....	98
8.4	SIMULACION DE ENLACES WIRELESS.....	98
8.5	TOPOLOGIA DE LA RED URBANA UTILIZANDO LINK PLANNER DE MOTOROLA.....	105
9	PROPUESTA PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE VOZ, DATOS E INTERNET PARA LAS SEDES DE LA ACIN.....	108
9.1	ANALISIS DEL TRAFICO DE LA TELEFONIA ANALOGA EN LAS SEDES DE LA ACIN.....	108
9.2	ANCHO DE BANDA NECESARIO PARA LOS SERVICIOS DE TELEFONIA SOBRE REDES IP EN LAS SEDES DE LA ACIN.....	114
9.3	ANALISIS DEL ANCHO DE BANDA DE INTERNET EN LAS SEDES DE LA ACIN.....	117
9.4	ANALISIS DE LA NECESIDAD DE CREACION DE UN CENTRO DE DATOS.....	120
10.	RECOMENDACIÓN DE EQUIPOS A UTILIZAR.....	122
10.1	PROPUESTA DE EQUIPOS PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES APLICADO AL DISEÑO.....	122
10.2	PROVEEDORES DE SERVICIO.....	135

<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>137</b>
<b>12. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>145</b>

## LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Cuadro comparativo estándares IEEE 802.11x.....	40
Cuadro 2. Proyección población municipios zona norte del Departamento del Cauca.....	61
Cuadro 3. Propuesta de servicios requeridos en las sedes de la IPS-I ACIN.....	65
Cuadro 4. Coordenadas geográficas de los puntos de red.....	66
Cuadro 5. Coordenadas geográficas de las estaciones de radio (RBS) .....	66
Cuadro 6. Emplazamientos de la red de enlaces microondas anexo A – F ....	69
Cuadro 7. Comparación de Frecuencia Vs Distancia .....	71
Cuadro 8. Cálculo de la trayectoria de pérdidas en el espacio libre .....	71
Cuadro 9. Cálculo del margen de desvanecimiento .....	78
Cuadro 10. Características eléctricas de la superficie de la tierra .....	87
Cuadro 11. Distancias área urbana de Santander de Quilichao, Cauca .....	97
Cuadro 12. Distancias áreas urbanas de la zona norte del departamento del Cauca.....	97
Cuadro 13. Cálculo de Erlangs .....	109

<b>Cuadro 14. Codificadores utilizados en VoIP .....</b>	<b>115</b>
<b>Cuadro 15. Ancho de banda para 4 tipos de Codec .....</b>	<b>116</b>
<b>Cuadro 16. Ancho de Banda requerido para telefonía sobre redes IP .....</b>	<b>116</b>
<b>Cuadro 17. Ancho de banda necesario para los servicios de internet en las sedes de la ACIN.....</b>	<b>118</b>
<b>Cuadro 18. Cuadro comparativo de teléfonos VoIP .....</b>	<b>123</b>
<b>Cuadro 19. Clasificación de Softphone para Windows y Smartphone .....</b>	<b>126</b>
<b>Cuadro 20. Switch para comunicación LAN en las sedes de la IPS-I ACIN.</b>	<b>129</b>
<b>Cuadro 21. Switch para comunicación entre RBS .....</b>	<b>130</b>
<b>Cuadro 22. Características de los equipos para radio enlaces microondas.....</b>	<b>131</b>
<b>Cuadro 23. Características de los equipos para enlaces Wireless .....</b>	<b>132</b>
<b>Cuadro 24. ISP para Santander de Quilichao, Cauca .....</b>	<b>135</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
<b>Figura 1. ACIN Network .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 2. Espectro electromagnético .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3. Enlace punto a punto.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4. Enlace punto a multipunto .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 5. Enlace Multipunto a multipunto.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 6. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 7. Ganancias y pérdidas del sistema .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 8. Reflexión de ondas de radio .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 9. Difracción en la cima de una montaña.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 10. Mapa Territorial Municipios Zona Norte Departamento del Cauca Comunidad Nasa .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 11. Fotografía zona rural zona norte del departamento del Cauca.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 12. Gestión integral de citas médicas, IPS-I ACIN .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 13. Emplazamientos de la red .....</b>	<b>68</b>

<b>Figura 14. Distancias entre RBS en la zona norte del Cauca.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 15. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 16. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 17. Zona de Fresnel.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 18. Ingreso de las coordenadas geográficas de las estación de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 19. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) – Radio Works.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 20. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) – Link Planner Motorola.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 21. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 22. Dimensiones de la antena P2-122.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 23. Guía de onda elíptica EWP127A .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 24. Creación del mapa de trabajo .....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 25. Posicionamiento geográfico de las RBS y sedes de la IPS-I ACIN .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 26. Parametrización de la red de las estaciones de radio .....</b>	<b>86</b>

<b>Figura 27. Permitividad relativa y conductividad en función de la frecuencia .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 28. Selección de la topología de la red .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 29. Miembros de la red de trabajo .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 30. Configuración de los equipos de radio.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 31. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) y Paletón (PAL) .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 32. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) y Paletón (PAL) incrementando la altura de la antena receptora .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 33. Primera zona de Fresnel libre de obstáculos entre las estaciones de Berlín (BER) y paletón (PAL) .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 34. Topología de la red troncal creado con Radio Mobile .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 35. Puntos de red del área urbana de Santander de Quilichao, Cauca .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 36. Configuración del equipo transmisor ubicado en la IPS-I ACIN de Santander de Quilichao (ISA) .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 37. Posición geográfica del equipo transmisor ubicado en la IPS-I ACIN de Santander de Quilichao (ISA).....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 38.Clima y precipitaciones del municipio de Santander de Quilichao .....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 39. Configuración del equipo receptor ubicado en cerro de Belén (BEL) del municipio de Santander de Quilichao .....</b>	<b>101</b>

<b>Figura 40. Posición geográfica del receptor ubicado en cerro de Belén (BEL) del municipio de Santander de Quilichao .....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 41. Perfil del enlace wireless entre IPS-I Santander (ISA) y el cerro Belén (BEL) ubicados en el municipio de Santander de Quilichao .....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 42. Perfil del enlace wireless entre IPS-I Santander (ISA) y el cerro Belén (BEL) ubicados en el municipio de Santander de Quilichao utilizando Radio Mobile.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 43. Topología de la red urbana del municipio de Santander de Quilichao .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 44. Topología de la red urbana del municipio de Caloto .....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 45. Topología de la red urbana del municipio de Toribio .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 46. Topología de la red urbana del municipio de Jambalo.....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 47. Esquema conceptual .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 48. Arquitectura base.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 49. Diagrama en bloque de un teléfono IP .....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 50. Test de velocidad internet ADSL sede IPS-I ACIN .....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 51. Estimación del ancho de banda.....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 52. Gateway SIP para telefonía móvil .....</b>	<b>125</b>
<b>Figura 53. Vista frontal D-Link DIR-655 Xtreme N Router.....</b>	<b>134</b>



<b>Figura 54. Vista posterior D-Link DIR-655 Xtreme N Router .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 55. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Belén (BEL) y Perico Negro (PNG) .....</b>	<b>145</b>
<b>Figura 56. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Belén (BEL) y Perico Negro (PNG) .....</b>	<b>145</b>
<b>Figura 57. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)- Radio Works .....</b>	<b>146</b>
<b>Figura 58. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)- Link Planner Motorola.....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 59. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG) .....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 60. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Belén (BEL) y Perico Negro (PNG) .....</b>	<b>149</b>
<b>Figura 61. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR).....</b>	<b>150</b>
<b>Figura 62. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR).....</b>	<b>150</b>
<b>Figura 63. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)- Radio Works.....</b>	<b>151</b>
<b>Figura 64. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)- Link Planner Motorola .....</b>	<b>152</b>
<b>Figura 65. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR).....</b>	<b>153</b>

<b>Figura 66. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y miranda (MIR).....</b>	<b>153</b>
<b>Figura 67. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Corinto (COR) .....</b>	<b>154</b>
<b>Figura 68. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Corinto (COR) .....</b>	<b>154</b>
<b>Figura 69. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)- Radio Works .....</b>	<b>155</b>
<b>Figura 70. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)- Link Planner Motorola.....</b>	<b>156</b>
<b>Figura 71. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR) .....</b>	<b>157</b>
<b>Figura 72. Dimensiones de la antena VHLP2-15 .....</b>	<b>157</b>
<b>Figura 73. Guía de onda elíptica EWP132.....</b>	<b>158</b>
<b>Figura 74. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y corinto (COR) .....</b>	<b>159</b>
<b>Figura 75. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL).....</b>	<b>160</b>
<b>Figura 76. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL).....</b>	<b>160</b>
<b>Figura 77. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)- Radio Works.....</b>	<b>161</b>

<b>Figura 78. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)- Link Planner Motorola .....</b>	<b>162</b>
<b>Figura 79. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL) .....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 80. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL).....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 81. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Berlín (BER) .....</b>	<b>164</b>
<b>Figura 82. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Berlín (BER) .....</b>	<b>164</b>
<b>Figura 83. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)- Radio Works .....</b>	<b>165</b>
<b>Figura 84. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)- Link Planner Motorola.....</b>	<b>166</b>
<b>Figura 85. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER).....</b>	<b>167</b>
<b>Figura 86. Dimensiones de la antena VHLP2.5-11 .....</b>	<b>167</b>
<b>Figura 87. Guía de onda elíptica EWP90 .....</b>	<b>168</b>
<b>Figura 88. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Berlín (BER) .....</b>	<b>169</b>
<b>Figura 89. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Berlín (BER) e IPS-I Tacueyó (ITAC).....</b>	<b>170</b>

<b>Figura 90. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Berlín (BER) e IPS-I Tacueyó (ITAC).....</b>	<b>170</b>
<b>Figura 91. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)- Radio Works.....</b>	<b>171</b>
<b>Figura 92. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)- Link Planner Motorola .....</b>	<b>172</b>
<b>Figura 93. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Berlín (BER).....</b>	<b>173</b>
<b>Figura 94. Dimensiones de la antena VHLP2-18 .....</b>	<b>173</b>
<b>Figura 95. Guía de onda elíptica EWP180.....</b>	<b>174</b>
<b>Figura 96. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC) .....</b>	<b>175</b>
<b>Figura 97 . Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Asociacion de Cabildos Indigenas del Norte del Cauca (ACIN).....</b>	<b>176</b>
<b>Figura 98. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Comercializadora (COM) .....</b>	<b>176</b>
<b>Figura 99. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y laboratorio de plantas medicinales (LAB2) .....</b>	<b>177</b>
<b>Figura 100. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Almacén (ALM) .....</b>	<b>177</b>
<b>Figura 101. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Administracion (ADM) .....</b>	<b>178</b>

<b>Figura 102. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Laboratorio 1 (LAB1) .....</b>	<b>178</b>
<b>Figura 103. Perfil enlace wireless entre Caloto (CAL) e IPS-I Caloto (ICAL) .....</b>	<b>179</b>
<b>Figura 104. Perfil enlace wireless entre Berlín (BER) y Toribio (TOR) .....</b>	<b>179</b>
<b>Figura 105. Perfil enlace wireless entre Toribio (TOR) e IPS-I Toribio (ITOR).....</b>	<b>180</b>
<b>Figura 106. Perfil enlace wireless entre Paletón (PAL) e IPS-I Jambalo (IJAM) .....</b>	<b>180</b>
<b>Figura 107. Precipitaciones anuales en Colombia.....</b>	<b>181</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Confiabilidad y tiempo de interrupción .....	79
Tabla 2. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP127A para el rango de frecuencia entre 10 GHz y 13.25 GHz .....	83
Tabla 3. Número de líneas Vs probabilidad de bloqueo .....	110
Tabla 4. Características de media Gateway de 6, 4, 2 puertos.....	124
Tabla 5. Atenuaciones guía de onda elíptica ewp132 para el rango de frecuencia entre 11 GHz y 15.35 GHz .....	158
Tabla 6. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP90 para el rango de frecuencia entre 8.3 GHz y 11.7 GHz .....	168
Tabla 7. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP180 para el rango de frecuencia entre 14 GHz Y 19.7 GHz.....	174

## LISTA DE ANEXOS

Pág

<b>Anexo A. Simulación de enlace microondas entre las estaciones de radio de Belén (BEL) Y Perico Negro (PNG).....</b>	<b>145</b>
<b>Anexo B. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR).....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo C. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Corinto (COR) .....</b>	<b>154</b>
<b>Anexo D. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL).....</b>	<b>160</b>
<b>Anexo E. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Berlín (BER) .....</b>	<b>164</b>
<b>Anexo F. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC).....</b>	<b>170</b>
<b>Anexo G. Perfiles urbanos obtenidos con Radio Mobile.....</b>	<b>176</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de grado en su modalidad de pasantía institucional propone brindar una solución a la problemática de los servicios de Telecomunicaciones existente en la Institución Prestadora de Servicios de Salud Indígena IPS-I ACIN<sup>1</sup> relacionada con los servicios de internet banda ancha y telefonía IP; centrándose en la utilización de enlaces microondas y redes wireless, que serán implementados en la IPS-I ACIN de manera posterior a la presentación y aprobación del diseño del sistema inalámbrico de telecomunicaciones que corresponde al objetivo fundamental de este trabajo. Este diseño permitirá el acceso a internet banda ancha y telefonía IP en cada de una de las sedes de la IPS-I ACIN ubicadas en zonas de resguardos indígenas nasa de la zona norte del departamento del Cauca que se caracterizan por mantener un limitado avance tecnológico debido a su distancia geográfica y a las situaciones de conflicto armado permanentes en este territorio indígena.

- ✓ En primera instancia en los capítulos del 1 al 5 se presenta el problema de investigación, justificación, objetivos, marco teórico, y la metodología del trabajo.
- ✓ En el capítulo sexto se describe el contexto geográfico y los servicios de telecomunicaciones requeridos en las sedes de la IPS-I ACIN.
- ✓ En el capítulo séptimo y octavo se aborda el tema de enlaces microondas y enlaces wireless.
- ✓ El capítulo noveno trabaja el análisis de los servicios de voz, datos e internet; de la misma manera se realiza el cálculo del tráfico de telefonía analógica con que cuentan algunas sedes de la IPS-I ACIN y del ancho de banda de internet requerido para el funcionamiento de los anteriores servicios.
- ✓ El capítulo decimo se refiere a la propuesta de los equipos y proveedores que se requieren en la fase de implementación del diseño.

---

<sup>1</sup> ACIN – CXAB WALA KIWE.[en línea] [consultado 15 de junio de 2012]. Disponible en internet: <http://www.nasaacin.org/sobre-acin>



Finalmente, se propone el **DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA INTEGRAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES, EN LAS SEDES QUE TIENE EN EL CAUCA LA IPS-I ACIN. “UN APOORTE A LA SALUD INTERCULTURAL”.**

## INTRODUCCION

La IPS-I ACIN es una institución de salud que atiende la población indígena Nasa<sup>2</sup> del norte del Cauca. En el presente y debido a su proceso de expansión hacia los diferentes municipios de esta zona, ha abierto sedes de atención en salud en los municipios de Santander (resguardos de Canoas, Munchique, Concepción, Guadualito, Nasa Kiwe), Caloto (resguardo de Tóez), Corinto (resguardo de Corinto), Miranda (resguardo La Cilia), Toribio (resguardos de Tacueyó, Toribio y San Francisco) y Jambalo (resguardo de Jámbalo).

Los procesos de atención en salud que esta IPS-I presta requieren de acceso a redes de información nacionales y de sistematización de la información que se produce en la consulta médica general y especializada y las consultas de los programas de detección temprana de diversas alteraciones<sup>3</sup>, es por eso, que la red de telecomunicaciones en conjunto con las aplicaciones o software creados y/o adquiridos por esta institución permitirán la consolidación de información de manera permanente, ágil, oportuna y un mejor control de la misma desde la sede central de la IPS-I ACIN en Santander de Quilichao.

Por otro lado, la IPS-I ACIN requiere un servicio de internet eficiente que no solo permita verificar la información de personas afiliadas a la EPS AIC<sup>4</sup> en las bases de datos del régimen subsidiado, identificando a las personas de la comunidad que se encuentran activos en el sistema y por lo tanto tienen la posibilidad de acceder al servicio de salud con el Carnet de la EPS, sino que además permita tener acceso a diversos servidores a través de IP públicas que permitan compartir la información de las historias clínicas, facturación, inventarios de farmacia y contabilidad.

Con esta red se pretende ofrecer servicios de internet banda ancha y telefonía IP en los puestos de salud, para agilizar las comunicaciones, los diagnósticos y las actuaciones necesarias (traslados, evacuaciones, solicitudes de apoyo, etc.) y con ello demostrar que las tecnologías de la información y las comunicaciones pueden incidir muy positivamente en los indicadores de salud de esta zona indígena y

---

<sup>2</sup> La población indígena nasa está ubicada en los municipios del Cauca, Valle y Huila principalmente. También son denominados pueblo indígena Páez cuyo significado es “piojo” que fue el nombre determinado por los españoles durante el proceso de conquista. Este nombre ha sido remplazado por “nasa” que en la lengua nasa yuwe significa “gente”.

<sup>3</sup> Programas de Detección Temprana de Alteraciones para población como: niños y niñas, mujer en estado de embarazo, jóvenes y adultos mayores.

<sup>4</sup> Que es la AIC. [en línea] [consultado 16 de agosto de 2012]. Disponible en internet: <http://190.254.19.13:1080/saludAic/>

reducir los costos de operación de los diferentes procesos clínicos y administrativos.

Este tipo de diseños de enlaces han revelado su importancia para las instituciones del sector de la salud teniendo en cuenta que los servicios de salud en sus diferentes niveles de complejidad deben llegar eficientemente a lugares de difícil acceso; manejar gran volumen de información clínica, epidemiológica y de gestión institucional a la que muchas personas requieren acceder; posibilitar la comunicación entre funcionarios para garantizar eficiencia en la prestación de servicios, capacitación del personal, solución de problemas de manera ágil y oportuna.

El acceso a la información a través de enlaces microondas se implementa a nivel global en instituciones del sector de la salud con creciente aplicabilidad en procesos de investigación y capacitación.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de grado en su modalidad de pasantía institucional tiene como objetivo diseñar un sistema inalámbrico de telecomunicaciones entre las sedes de la IPS-I ACIN, ubicadas en los municipios de la zona norte del Cauca.

Este diseño abarca las zonas donde la IPS-I ACIN presta de atención en salud como son los municipios de: Santander de Quilichao, Caloto, Corinto, Miranda, Toribio y Jambalo. El diseño es escalable en la medida en que las sedes de atención en salud de la IPS-I ACIN aumenten.

La metodología que se ha empleado consiste en una primera etapa en la que se llevó a cabo el reconocimiento del contexto geográfico donde se ubicarán los equipos de telecomunicaciones y se realizó el análisis de las necesidades que tiene la IPS-I ACIN en cuanto a los servicios de telecomunicaciones. Un segundo momento en el que la información obtenida en el terreno permitió realizar los cálculos matemáticos y simulaciones de enlaces microondas correspondientes. Un tercer momento en el que ya logrados los cálculos matemáticos y las simulaciones se procedió a identificar los equipos de telecomunicaciones recomendados para la futura implementación.

Los servicios de telecomunicaciones expuestos en este diseño se caracterizan por su capacidad de incursión a todos las áreas y espacios donde el ser humano

desarrolla su vida. Algunas zonas de nuestro país se han caracterizado históricamente por su marginalidad frente a los avances tecnológicos de nuestra época. Entre ellas y de manera preponderante se encuentran las zonas de resguardos indígenas que están ubicadas en las zonas montañosas a las que el acceso es altamente complejo. Por otro lado, estas mismas zonas están marcadas con la presencia de actores armados que impiden el ingreso de empresas privadas hasta los territorios más recónditos de nuestro país. Lograr llegar con la tecnología de las telecomunicaciones hasta estos lugares significa un aporte importante para el campo de estudio y para las comunidades que ahí desarrollan sus planes de vida.

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Institución Prestadora de Servicios de Salud de la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca maneja diariamente un gran volumen de información producida durante los procesos de atención en salud los cuales inician desde el momento de la facturación, atención al usuario (centro de información sobre la vigencia del paciente en el sistema de salud del régimen subsidiado), administración de historias clínicas, proceso de pre-consulta médica o de enfermería, consulta médica o de promoción y prevención, sistematización de información de la consulta médica y de Promoción y Prevención en adelante P y P<sup>5</sup>. Esta información además de ser sistematizada también debe generar la posibilidad de consolidación de informes mensuales que permiten la generación de cuentas de cobro por los servicios de salud que se han prestado y la obtención del perfil epidemiológico que permite la toma de decisiones pertinentes respecto a las necesidades de atención en salud y el reporte de información a instituciones de salud del estado y entes de control de salud pública.

Esta información es generada y sistematizada en cada una de las sedes de la IPS- I ACIN. Estas sedes funcionan en los centros poblados de cada municipio y también en las veredas de la comunidad indígena a través de las salidas de atención extra-mural que realiza el equipo interdisciplinario. Al finalizar cada mes se realiza el proceso de consolidación de la información, a través del software creado para tal fin. En la práctica de los procesos de consolidación de información se presentan una serie de obstáculos y dificultades deseables de superar como son:

- El proceso de consolidación de la información implica que haya una persona que se desplazase a cada una de las sedes y recopile la información. Lo anterior es un proceso costoso ya que el desplazamiento a cada uno de los municipios exige un gasto en transporte y alimentación. Por otro lado, los

---

<sup>5</sup> Los programas de promoción de la salud y prevención de la enfermedad forman parte de la estructura de prestación de servicios de salud contemplados en la Ley 100 de 1993 y tienen como objetivo fundamental brindar educación a las poblaciones acerca de los factores de riesgo y protección que deben tener en cuenta para evitar múltiples enfermedades, algunas de ellas relacionadas con el ciclo de vida de las personas. En estos programas de P y P se desarrollan estrategias para prevenir o disminuir el daño producido por enfermedades prevalentes en la población.

municipios de la zona norte del Cauca son considerablemente distantes y sus territorios tienen un alto riesgo por conflicto armado.

- Las sedes de la IPS-I ACIN y los municipios donde ellas se encuentran no cuentan con adecuada infraestructura de redes en telecomunicaciones. Ello implica que los procesos de atención a la comunidad, facturación y consulta médica y de P y P no puedan organizarse en un centro de datos donde se aloje esta información.

Teniendo en cuenta que no existe una comunicación hacia un centro de datos, las historias clínicas que maneja la IPS-I ACIN son de carácter físico y su administración exige grandes espacios de almacenamiento; compra de estantería; pago de recurso humano y demora en los procesos de creación de nuevas historias clínicas, archivo, búsqueda oportuna de las mismas, lo cual genera graves problemas en el funcionamiento de la IPS-I ACIN por duplicación de historias clínicas, pérdida, deterioro físico, manipulación inadecuada de la información, demora en el proceso de pre-consulta y consulta médica y de P y P.

- Debido a que las historias clínicas se encuentran en medio físico en cada una de las sedes, el paciente no cuenta con la información correspondiente en caso de que asista a otra sede de la IPS-I ACIN en otro municipio de la red de servicios.

### **1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

En la actualidad las tecnologías de la información y las telecomunicaciones se han convertido en una herramienta necesaria para las organizaciones y personas, ya que nos permite realizar diferentes actividades gracias al incremento de servicios en los últimos años.

De acuerdo a lo planteado en el punto anterior, se presenta un diseño que permite dar solución integrando los servicios de telecomunicaciones (voz, datos e internet) en una sola infraestructura de red IP (ALL IP), donde han aparecido multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la realización de modelos de red, que soporten todo tipo de servicios permitiendo así cumplir con el objetivo principal que es: diseñar un

sistema inalámbrico de telecomunicaciones entre las sedes de la IPS-I ACIN, ubicadas en los municipios de la zona norte del Cauca.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La IPS-I ACIN requiere de un sistema de telecomunicaciones que permita la comunicación para el manejo y control eficiente de la información que se genera en cada una de las sedes de atención en salud y sobre todo que permita centralizar, consolidar, generar reportes generales y compartir información de los procesos de atención en las sedes.

Este sistema de telecomunicaciones podría realizarse mediante cableado estructurado de redes que requeriría la existencia de una infraestructura cuyo medio de transmisión de los servicios de internet, telefonía y datos sea físico. Este tipo de infraestructura no existe en la actualidad en los municipios de atención de la IPS-I ACIN los cuales se caracterizan por su distancia geográfica y su riesgo en términos de orden público.

En la actualidad no hay empresas de telecomunicaciones que proyecten la implementación de esta infraestructura debido a los altos costos que representa, el riesgo de robo de materiales y equipos, el riesgo psicosocial para el recurso humano que labore en la empresa.

Teniendo en cuenta lo anterior, es factible pensar en otra opción para la estructuración de un sistema de telecomunicaciones que le permita a la IPS-I ACIN superar las dificultades que presenta en los servicios de voz, datos e internet. Esta opción corresponde a un sistema inalámbrico como se muestra en la figura 1, que integre los servicios mencionados mediante una infraestructura cuyo costo es menor al que podría surgir de la implementación de un cableado estructurado de redes. Las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas electromagnéticas teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema.



**Figura 1. ACIN Network**



La masiva popularidad de las redes inalámbricas ha llevado a una disminución continua del costo del equipamiento, mientras que la capacidad del mismo continúa incrementándose.

La IPSI-I ACIN debido a su crecimiento en los diferentes municipios de la Zona Norte de Cauca (Santander de Quilichao, Caloto, Toribio, Jambalo, Corinto, Miranda), se encuentra en la necesidad de diseñar toda una infraestructura de telecomunicaciones que aproveche estos beneficios de la tecnología inalámbrica, poniéndose de esta manera al nivel en el que se encuentran las oportunidades en comunicaciones que existen en el presente y así mejorar sus procesos internos de administración de la información y poder brindar una mejor atención a los miembros de la comunidad indígena nasa que reciben sus servicios, que es el objetivo final de su razón de ser como Institución Prestadora de Servicios de Salud.

El diseño de esta infraestructura de telecomunicaciones ofrece la posibilidad de establecer comunicación con el centro de datos alojado en la oficina principal en

Santander de Quilichao desde el cual se podrá administrar la información que se genera entre los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Corinto, Miranda, Toribio y Jambalo – Cauca, los cuales formarán parte del proyecto de “Diseño de un sistema inalámbrico para integrar los servicios de telecomunicaciones, en las sedes que tiene en el Cauca la IPS-I ACIN.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema inalámbrico de telecomunicaciones entre las sedes de la IPS-I ACIN, ubicadas en los municipios de la zona norte del Cauca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar en cada una de las sedes, la necesidad de los diferentes servicios de telecomunicaciones requeridos por la IPS-I ACIN.
- Conocer las condiciones topográficas, sociales, económicas y culturales de la zona donde se ubicarán los equipos de telecomunicaciones.
- Comprender y definir el tipo de tecnología de redes inalámbricas, para establecer la arquitectura de red a utilizar.
- Consolidar la información obtenida para realizar el diseño del sistema de telecomunicaciones inalámbrica de la IPS-I ACIN.
- Realizar el diseño de la red inalámbrica y cálculos de los radio enlaces, además de proponer los posibles equipos de telecomunicaciones, que permitan interconectar y garantizar los servicios de voz, datos e Internet, en cada una de las sedes de la IPS-I ACIN.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 REDES INALÁMBRICAS

Una red inalámbrica es aquella que permite la comunicación de dos o más dispositivos (ordenadores portátiles, celulares, PDA's, agendas electrónicas, etc.), sin la necesidad de utilizar ningún tipo de cableado.

Con las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. Por esta razón, a veces se utiliza el término "movilidad" cuando se trata este tema.

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones.

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros. Asimismo, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas. Tampoco hay necesidad de romper las paredes para pasar cables ni de instalar canaletas o conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez.<sup>6</sup>

Las redes inalámbricas pueden clasificarse según su cobertura geográfica en:

- WAN (Wide Area Network, Red de Área Amplia): red usada para comunicación de larga distancia (empleada principalmente por operadores de servicios de telecomunicaciones).
- MAN (Metropolitan Area Network, Red de Área Metropolitana): red con una cobertura menor que la WAN, en un entorno metropolitano.

---

<sup>6</sup>Redes Inalámbricas. Kioskeo.net. Disponible en internet  
<http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3>

- LAN (Local Area Network, Red de área local): caracterizada por cubrir entornos de distancia media.
- PAN (Personal Area Network, Red de Área Personal): red de proximidad, concebida para trabajar sobre áreas reducidas y de corto alcance.

**4.1.1 Estándar IEEE 802.11x.** La versión original del estándar IEEE 802.11 publicada en 1997 especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 mega bit por segundo (Mbit/s) que se transmiten por señales infrarrojas (IR) en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) a 2,4 GHz. IR sigue siendo parte del estándar, pero no hay implementaciones disponibles.

El estándar original también define el protocolo CSMA/CA<sup>7</sup> (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores<sup>8</sup>.

#### ○ 802.11<sup>a</sup>

La revisión 802.11a al estándar original fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM<sup>9</sup>) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos

<sup>7</sup> **CSMA/CA:** Es un protocolo de control de redes utilizado para evitar colisiones entre los paquetes de datos (comúnmente en redes inalámbricas, ya que estas no cuenta con un modo práctico para transmitir y recibir simultáneamente).

<sup>8</sup> Principales estándares 802.11 [en línea] [consultado 10 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

<sup>9</sup> **OFDM:** Es una técnica de modulación FDM que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre una onda de radio. OFDM divide la señal de radio en muchas sub-señales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias. OFDM reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal.

del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2.4 Ghz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

#### ○ **802.11b**

La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999. 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre TCP y 7.1 Mbit/s sobre UDP.

Los productos de la 802.11b aparecieron en el mercado muy rápido debido a que la 802.11b es una extensión directa de la técnica de modulación DSSS<sup>10</sup> definida en el estándar original. Por lo tanto los chips y productos fueron fácilmente actualizados para soportar las mejoras del 802.11b. El dramático incremento en el uso del 802.11b junto con sustanciales reducciones de precios causó una rápida aceptación del 802.11b como la tecnología Wireless LAN definitiva.

802.11b es usualmente usada en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP. El rango típico en interiores es de 32 metros a 11 Mbit/s y 90 metros a 1 Mbit/s.

Las tarjetas de 802.11b pueden operar a 11 Mbit/s pero pueden reducirse hasta 5.5, 2 o 1 Mbit/s en el caso de que la calidad de la señal se convierta en un problema. Dado que las tasas bajas de transferencia de información usan

---

<sup>10</sup> **DSSS:** Es uno de los métodos de modulación en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan

algoritmos menos complejos y más redundantes para proteger los datos son menos susceptibles a la corrupción debido a la atenuación o interferencia de la señal. Sean han hecho extensiones del protocolo 802.11b para incrementar su velocidad a 22, 33, 44 Mbit/s pero estas no han sido ratificadas por la IEEE. Muchas compañías llaman a estas versiones mejoradas 802.11b+. Estas extensiones han sido ampliamente obviadas por los desarrolladores del 802.11g que tiene tasas de transferencia a 54 Mbit/s y es compatible con 802.11b

#### ○ **802.11g**

En Junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Este utiliza la banda de 2.4 Ghz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, o cerca de 24.7 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión. El mayor rango de los dispositivos 802.11g es ligeramente mayor que en los del 802.11b pero el rango que el cliente puede alcanzar 54 Mbit/s es mucho más corto que en el caso del 802.11b.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b. Muchos de los productos de banda dual 802.11a/b se convirtieron de banda dual a modo triple soportando a (a, b y g) en un solo adaptador móvil o AP. A pesar de su mayor aceptación 802.11g sufre de la misma interferencia de 802.11b en el rango ya saturado de 2.4 GHz por dispositivos como hornos microondas, dispositivos bluetooth y teléfonos inalámbricos.

#### ○ **802.11n**

En enero de 2004, la IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 la velocidad real de transmisión podría llegar a los >150 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces

más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar.

802.11n se construye basándose en las versiones previas del estándar 802.11 añadiendo MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). MIMO utiliza múltiples transmisores y antenas receptoras permitiendo incrementar el tráfico de datos.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de los principales estándares de IEEE 802.11x

**Cuadro 1. Cuadro comparativo estándares IEEE 802.11x**

ESTANDAR	FRECUENCIA	TECNICA DE MODULACION	TASA DE TX	CARACTERISTICAS	RADIO DE COBERTURA INTERIOR
802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mbps	8 canales no solapados	85 m
802.11b	2.4 GHz	CSMA/CA-DSSS	11 Mbps	14 canales no solapados	50 m
802.11g	2.4 GHz	OFDM - DSSS	54Mbps	14 canales no solapados, compatibilidad 802.11b	65 m
802.11n (20-40 MHz)	2.4 GHz 5 GHz	OFDM	>150Mbps	Compatibilidad 802.11 b/g/n, Mejora los estándares agregando MIMO aprovechando trasmisores múltiples para aumentar el rendimiento mediante la multiplicación espacial.	120 m

## 4.2 MICROONDAS

Se le llaman microondas a las ondas electromagnéticas que se encuentran en un rango de frecuencia desde un 1GHz hasta los 300 GHz, éstas se encuentran situadas entre los rayos infrarrojos y las ondas de radio convencionales y su longitud de onda varia aproximadamente desde 1 mm hasta los 30 cm.

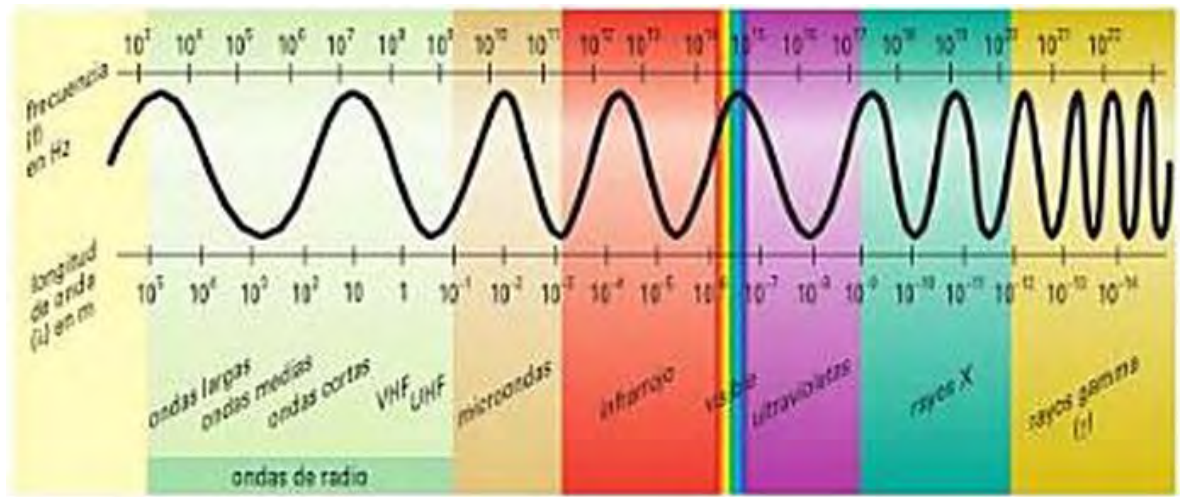


**4.2.1 El espectro electromagnético.** Las distintas radiaciones electromagnéticas se diferencian entre sí por su frecuencia  $f$  y su longitud de onda  $\lambda$  ya que ambas están relacionadas por la ecuación:  $\lambda * f = \text{velocidad de propagación de la radiación}$ . En el caso de que el medio de propagación sea el vacío, resulta que:  $\lambda * f = c$ .

Se llama espectro electromagnético al conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas ordenadas por el orden de la frecuencia o de longitud de onda.

El espectro electromagnético se divide en distintas zonas o porciones (ver figura 2), aunque no hay una separación nítida entre una zona<sup>11</sup>.

**Figura 2. Espectro electromagnético**



Fuente: El espectro electromagnético. [en línea] [consultado 9 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=bKKlb3z4FgwC&pg=PA168&dq=ESPECTRO+ELECTROMAGNETICO&hl=es&sa=X&ei=iZEvUoHPAYfs8QTK5IDIBg&ved=0CDUQ6AEwAQ#v=onepage&q=ESPECTRO%20ELECTROMAGNETICO&f=false>

<sup>11</sup> El espectro electromagnético. [en línea] [consultado 9 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=bKKlb3z4FgwC&pg=PA168&dq=ESPECTRO+ELECTROMAGNETICO&hl=es&sa=X&ei=iZEvUoHPAYfs8QTK5IDIBg&ved=0CDUQ6AEwAQ#v=onepage&q=ESPECTRO%20ELECTROMAGNETICO&f=false>

- **Uso del espectro electromagnético en Colombia**

El uso de frecuencias radioeléctricas requiere de permiso previo otorgado por el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones y dará lugar al pago de los derechos que correspondan. Cualquier ampliación, extensión, renovación o modificación de las condiciones, requiere de nuevo permiso, previo y expreso.

El Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones ejerce las funciones de inspección y vigilancia sobre las redes y servicios de telecomunicaciones.

Acorde con el Decreto Ley 1900 de 1990 ó Estatuto de las Telecomunicaciones, cualquier red o servicio de telecomunicaciones que opere sin autorización previa será considerado como clandestino y el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones y las autoridades militares y de policía procederán a suspenderlo y a decomisar los equipos, sin perjuicio de las sanciones de orden administrativo o penal a que hubiere lugar, conforme a las normas legales y reglamentarias vigentes. Los equipos decomisados serán depositados a órdenes del Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones, el cual les dará la destinación y el uso que fijen las normas pertinentes.

Constituyen infracciones específicas al ordenamiento de las telecomunicaciones, entre otras:

El ejercicio de actividades o la prestación de servicios sin la correspondiente concesión o autorización, así como la utilización de frecuencias radioeléctricas sin permiso o en forma distinta de la permitida.

La instalación, la utilización o la conexión a la red de telecomunicaciones del Estado, de equipos que no se ajusten a las normas fijadas por el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones.

La producción de daños a la red de telecomunicaciones del Estado como consecuencia de conexiones o instalaciones no autorizadas<sup>12</sup>.

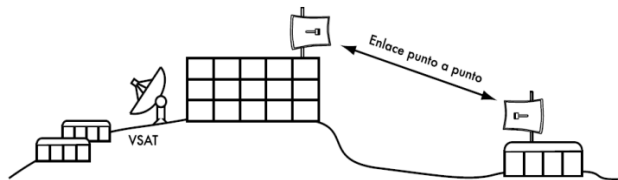
---

<sup>12</sup> Preguntas y respuestas frecuentes de Espectro Radioeléctrico en Colombia. [en línea] [consultado 9 de septiembre de 2013] Disponible en internet:  
<https://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/>

**4.2.2 Enlaces microondas.** Con la finalidad de implementar los estándares de red inalámbrica en un medio geográfico específico, se han diseñado diferentes tipos de enlaces tales como:

- **Punto a punto:** generalmente se usan para conectar servicio de telecomunicaciones voz, datos e internet, donde dicho acceso no está disponible de otra forma.

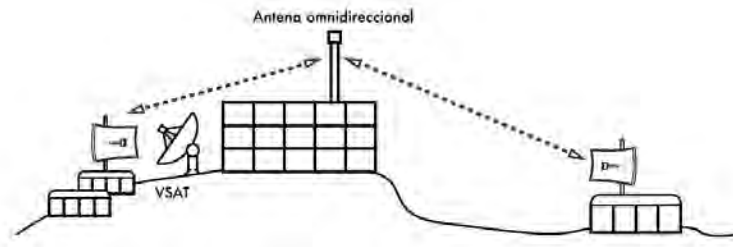
**Figura 3. Enlace punto a punto**



**Fuente:** FLICKENGER, Rob y otros. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. Una guía práctica para planificar y construir infraestructura de telecomunicaciones de bajo costo. Tercera edición. Creative Commons, 2008. 397p. ISBN 798-0-9778093-7-0

- **Punto a multipunto:** este tipo de enlace se caracteriza por tener varios nodos<sup>13</sup> que tienen un punto de acceso central.

**Figura 4. Enlace punto a multipunto**



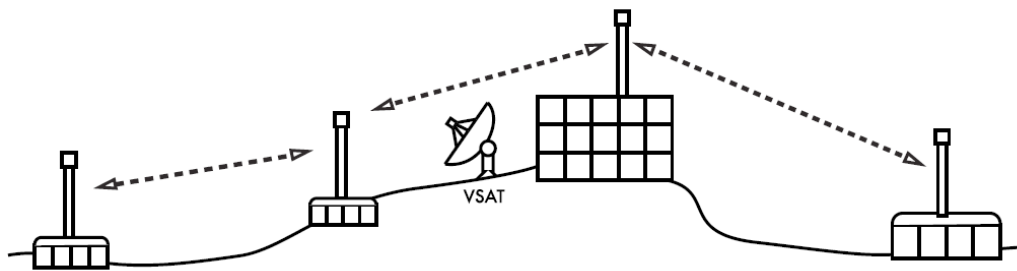
**Fuente:** FLICKENGER, Rob y otros. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. Una guía práctica para planificar y construir infraestructura de telecomunicaciones de bajo costo. Tercera edición. Creative Commons, 2008. 397p. ISBN 798-0-9778093-7-0

[/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia](https://www.wikipedia.org/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia)

<sup>13</sup> Un nodo es todo dispositivo capaz de enviar y recibir datos en una red. Los puntos de acceso, enrutadores, computadoras y laptops son todos ejemplos de nodos.

- **Multipunto a multipunto:** también se puede llamar red ad-hoc o en malla y se caracteriza porque con la existencia de varios nodos, la señal puede ser obtenida a partir de cualquiera de ellos sin necesidad de que haya un punto de central. Tiene algunas desventajas en relación con los otros tipos de enlaces como pueden ser: el aumento de la complejidad y disminución del rendimiento. Así mismo, la seguridad de esta red está comprometida ya que todos los participantes pueden potencialmente transportar el tráfico de los demás.

**Figura 5. Enlace multipunto a multipunto**



**Fuente:** FLICKENGER, Rob y otros. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. Una guía práctica para planificar y construir infraestructura de telecomunicaciones de bajo costo. Tercera edición. Creative Commons, 2008. 397p. ISBN 798-0-9778093-7-0

**4.2.3 Zona de Fresnel.** La longitud de onda de una señal electromagnética toma un papel primordial para determinar las zonas de Fresnel, por lo cual es importante definir la frecuencia en que se va a trabajar para poder calcular las zonas.

A mayor frecuencia se tiene una menor longitud de onda, por lo que se puede afirmar que las zonas de Fresnel van a estar separadas por  $\lambda/2$ , por lo tanto las separaciones son directamente proporcionales a la longitud de onda e inversamente proporcional a la frecuencia que se trabaje. Como a mayor frecuencia las separaciones son menores, así también serán los radios de las zonas de Fresnel lo serán.

Esto provocara que las zonas de Fresnel se encuentren separadas por una menor distancia una de la otra haciendo el enlace con una mayor directividad y menor difracción.

Para este diseño se utiliza tres herramientas (radio Works, link Planner de Motorola y Radio Mobile) que permitirán realizar la simulación de la primera zona de Fresnel garantizando que esta se encuentra libre de obstáculos.

**4.2.4 Elementos del presupuesto de enlace.** Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.<sup>14</sup>

Los elementos que se deben tener en cuenta para realizar el presupuesto de enlace son los siguientes:

- Lado de transmisión con potencia efectiva de transmisión
- Pérdidas en la propagación
- Lado de recepción con efectiva sensibilidad receptiva

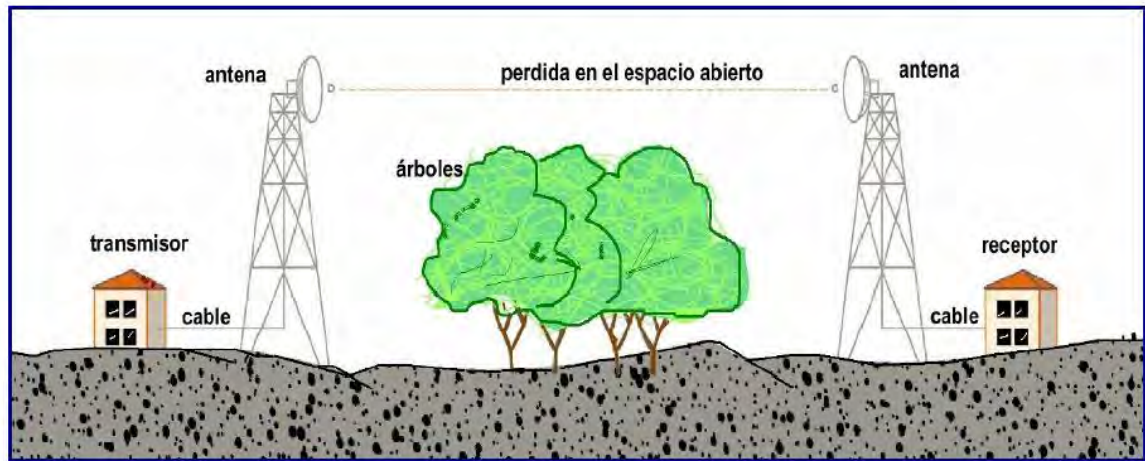
El presupuesto de radioenlace completo es la suma de todos los aportes medidos en decibeles (dB) en el camino de las tres partes principales.

**Potencia del transmisor (dBm) – pérdida en el cable TX (dB) + ganancia de antena TX (dBi) – pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto (dB) + ganancia antena RX (dBi) – pérdidas en el cable RX (dB) = margen – sensibilidad del receptor (dBm)**

---

<sup>14</sup> BUETTRICH, Sebastián. Unidad 06 – Cálculo de radioenlaces. Disponible en internet: [http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06\\_Calculo-Radioenlace/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo-Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf)

**Figura 6. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor.**



**Fuente:** BUETTRICH, Sebastian. Unidad 06 – Cálculo de radioenlaces. Disponible en internet: [http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06\\_Calculo-Radioenlace/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo-Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf)

#### 4.2.5 Ganancia del Sistema

En su forma más sencilla, la ganancia del sistema es la diferencia entre la potencia mínima de salida de un transmisor y la potencia mínima de entrada requerida por un receptor. La ganancia del sistema debe ser mayor o igual a la suma de todas las ganancias y pérdidas incurridas por una señal, conforme se propaga de un transmisor a un receptor. En esencia, representa la pérdida neta de un sistema de radio. La ganancia del sistema se utiliza para predecir la confiabilidad de un sistema para determinados parámetros del sistema. Matemáticamente, la ganancia del sistema es

$$G_s = P_t - C_{minima}$$

En donde:  $G_s$  = ganancia del sistema (dB)

$P_t$  = potencia de salida del transmisor (dBm)

**$C_{minima}$**  = potencia mínima de entrada del receptor para un objetivo de calidad determinado (dBm)

y en donde:

$$P_t - C_{minima} \geq \text{perdidas} - \text{ganancias}$$

Ganancias:

$A_t$ : Ganancia de la antena transmisora (dB) relativa a un radiador isotrópico

$A_r$ : Ganancia de la antena receptora (dB) relativa a un radiador isotrópico

Pérdidas:

$L_p$ = pérdida en la trayectoria de espacio libre entre antenas (dB)

$L_f$ = pérdida en el alimentador de guías de ondas (dB) entre la red de distribución (red combinada de canales o red de separación de canales) y su antena respectiva

$L_b$ =pérdida total de acoplamiento o ramificación (dB) en los circuladores, filtros, y red de distribución entre la salida de un transmisor o la entrada de un receptor y su alimentador de guías de ondas respectivo

$F_m$ =margen de desvanecimiento para un determinado objetivo de confiabilidad

Matemáticamente, la ganancia del sistema es

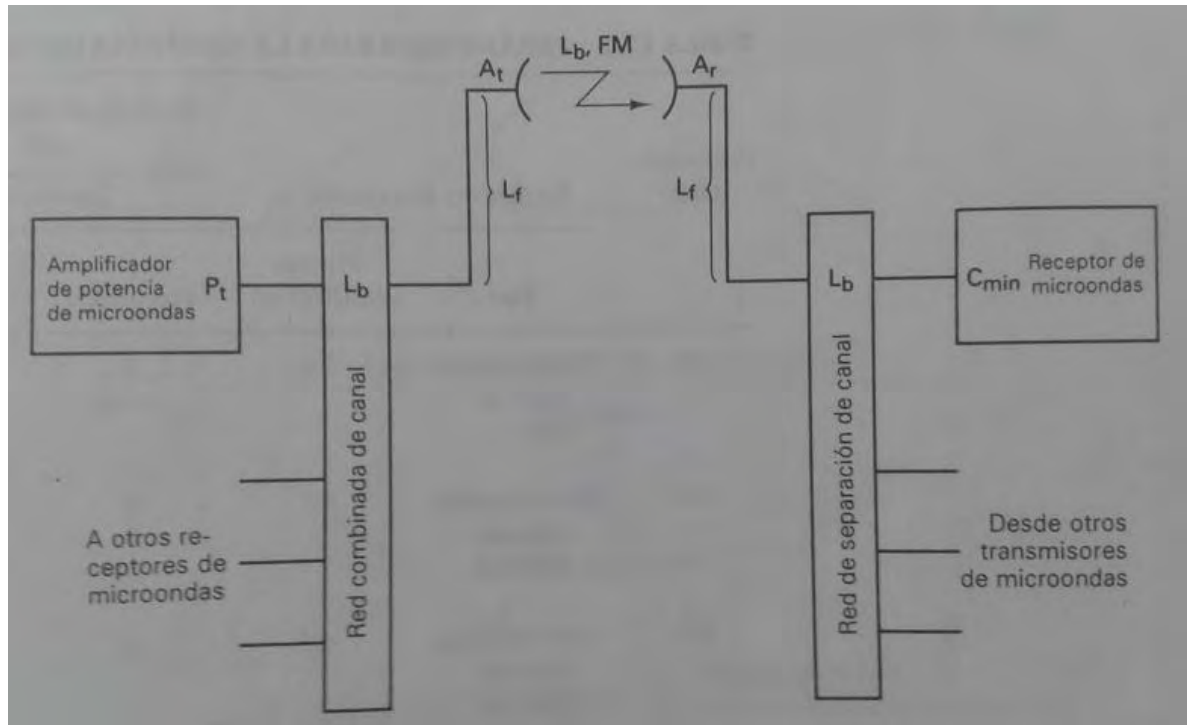
$$G_s = P_t - C_{\text{minima}} \geq F_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r \quad (4-1)$$

En donde todos los valores están expresados en dB o dBm. Debido a que la ganancia del sistema indica una pérdida neta, las pérdidas están representadas con valores dB positivos y las ganancias están representadas con valores dB negativos la figura 7 muestra un diagrama general del sistema de microondas e indica en donde han incurrido las pérdidas y ganancias respectivas<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> TOMASI WAYNE. Sistemas De Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición. México. ED. Prentice HALL. 1996. Pág. 708.

**Figura 7. Ganancias y pérdidas del sistema**



**Fuente:** TOMASI WAYNE. Sistemas De Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición. México. ED. Prentice HALL. 1996. Pág. 708.

#### ○ **Perdida de trayectoria de espacio libre**

La pérdida de trayectoria en el espacio libre<sup>16</sup> se define como la pérdida incurrida por una onda electromagnética conforme se propaga en una línea recta a través de un vacío sin ninguna obstrucción o reflexión de energía de los objetos cercanos. La expresión para la pérdida de trayectoria de espacio libre se da como

$$Lp = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2$$

En donde:  $Lp$ = pérdida de trayectoria de espacio libre  
 $D$ = distancia  
 $F$ = frecuencia  
 $\lambda$ = longitud de onda

<sup>16</sup> Ibíd., p. 710.



$c$ = velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 * 10^8 m/s$ )

Convirtiendo a dB da

$$L_p(dB) = 20 \log \frac{4\pi f D}{c} = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D$$

Cuando la frecuencia se da en Mhz y la distancia en Km,

$$\begin{aligned} L_p(dB) &= 20 \log \frac{4\pi(10^6)(10^3)}{3 * 10^8} + 20 \log f(Mhz) + 20 \log D(Km) \\ &= 32.4 + 20 \log F(Mhz) + 20 \log D(Km) \end{aligned} \quad (4-2)$$

Cuando la frecuencia se da en Ghz y la distancia en Km,

$$L_p(dB) = 92.4 + 20 \log F(Ghz) + 20 \log D(Km) \quad (4-3)$$

#### ○ Margen de desvanecimiento

Esencialmente, un margen de desvanecimiento es un “factor de acolchonamiento” incluido en la ecuación de ganancia del sistema que considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio, como la propagación múltiples trayectorias (perdidas de múltiples trayectorias) y sensibilidad a la superficie rocosa.

Estas características causan condiciones atmosféricas anormales temporales que alteran la pérdida de la trayectoria de espacio libre y usualmente son perjudiciales para el funcionamiento general del sistema. El margen de desvanecimiento también considera los objetivos de confiabilidad del sistema. Por lo tanto se incluye como pérdida el margen de desvanecimiento en la ecuación de ganancia del sistema.

Resolver las ecuaciones de confiabilidad de Barnett-Vignant, para la disponibilidad de un sistema anual especificado, para un sistema sin diversidad y sin protección nos da la siguiente expresión:

$$Fm(dB) = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (4-4)$$

**En donde:**

$30 \log D$  = Efecto de múltiples trayectorias.

$10 \log(6ABf)$  = Sensibilidad a la superficie rocosa

$10 \log(1 - R)$  = Objetivos de confiabilidad

70 = constante

Fm = margen de desvanecimiento (dB)

D = distancia (km)

f = Frecuencia (GHz)

R: confiabilidad expresada como decimal (ejemplo, 99.99% = 0.9999 de confiabilidad)

**A = Factor de rugosidad**

- 4 sobre agua o en terreno muy parejo
- 3 sembrados densos; pastizales; arenales<sup>17</sup>
- 2 bosques (la propagación va por encima)<sup>18</sup>
- 1 sobre terreno normal
- 0,25 sobre terreno rocoso muy disparejo

**B = Factor para convertir una probabilidad del peor mes a una probabilidad anual.**

- 1 para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes.
- 0.5 para áreas tropicales calientes y húmedas
- 0.25 para áreas mediterráneas de clima normal
- 0.125 para áreas montañosas de clima seco y fresco<sup>19</sup>

**4.2.6 Herramientas de simulación.** Existen herramientas de libre distribución para la simulación y planificación de radio enlaces que utilizan perfiles geográficos combinados con la información de los equipos que requieren simularse.

---

<sup>17</sup> Y. MOROCHO, Marco V. Planificación de radioenlaces con base en topografía digital [en línea]: Ecuador:[Consultado 15 de abril de 2013 ]. Disponible en internet: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>

<sup>18</sup> Ibid., Disponible en internet: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>

<sup>19</sup> TOMASI, Op. Cit., p 711.

A continuación se hace una descripción de las herramientas utilizadas en este diseño.

- **Radio Works**

Radio Works es un programa que permite ahorrar los tediosos y, en algunos casos, complejos cálculos necesarios para diseñar o evaluar el rendimiento de una antena terrestre.

Con Radio Works se puede calcular la longitud de la antena según su frecuencia y longitud de onda, calcular la pérdida del emisor al receptor según modelo (Hata urbano, suburbano o abierto) y la potencia según parámetros como la distancia, los obstáculos o tipo de terreno a cubrir.

Para ello, el programa dispone de un entorno organizado en diferentes pestañas con los campos y los factores necesarios para la resolución de cada uno de los conceptos requeridos para el diseño de una antena<sup>20</sup>.

En este diseño radio Works es utilizado para confrontar los valores encontrados matemáticamente de las pérdidas en el espacio libre y verificar que la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos utilizando mapas de elevación digitales.

- **Link Planner de Motorola**

PTP Link Planner, es una herramienta personalizada de nueva generación de Cambium para el diseño y la configuración de enlaces punto a punto. La aplicación permite al operador determinar las características del rendimiento del enlace. Además, simula los escenarios basados en la geografía, distancia, altura de la antena, la potencia de transmisión y otros factores para encontrar el perfil de los emplazamientos.

Esta herramienta se utiliza para crear las topologías de la red y simular la primera zona de Fresnel el cual permite confrontar los resultados que brinda radio Works.

---

<sup>20</sup> Solución para el diseño integral de antenas terrestres. [en línea] [consultado el 9 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://radioworks.softonic.com/>

- **Microwave System Planner de Andrew**

Esta herramienta de planificación permite seleccionar los componentes requeridos de una forma rápida y precisa, comprobando la compatibilidad de los equipos, en este se ingresan los parámetros encontrados en el diseño de los enlaces microondas, obteniendo la ganancia del sistema.

- **Radio Mobile**

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito utilizado para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model), utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco.

En el capítulo 7 se puede observar en un paso a paso la configuración de estas herramientas que llevan a obtener el perfil de cada emplazamiento, demostrando su utilidad en la planificación de enlaces microondas.

- **Google Earth**

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por Imagen satelital, fotografía aérea, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG (sistema de información geográfica) de todo el mundo y modelos creados por ordenador. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para móviles, Tablets y PC's.

### 4.3 COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS DE RADIO.

Existen conceptos simples que son de gran ayuda a la hora de diseñar enlaces de radio, como son

- Cuanto más larga la longitud de onda, más lejos llega.
- Cuanto más larga la longitud de onda, mejor viaja a través y alrededor de obstáculos.
- Cuanto más corta la longitud de onda, puede transportar más datos.

**4.3.1 Desvanecimiento.** Cuando las ondas electromagnéticas atraviesan algún material generalmente se debilitan. La cantidad de potencia absorbida dependerá de la frecuencia de la onda y del material que atraviese.

En frecuencias de microondas los materiales que presentan una mayor absorción de potencia y por tanto son los más perjudiciales son el metal y el agua. En el metal los electrones se pueden mover libremente y oscilar, de manera que puede absorber energía de una onda que lo atraviese. Igualmente, al atravesar el agua, las microondas agitan a las partículas y estas captan la energía de la onda.

La presencia de lluvias fuertes, nubes bajas, niebla y vapor de agua son factores que añaden pérdidas al enlace. En las zonas montañosas se produce un gran número de precipitaciones fuertes durante la época lluviosa. Por tanto este sería el principal motivo de desvanecimientos fuertes que pueden llegar a hacer que la red deje de funcionar debido a la caída de algún enlace.

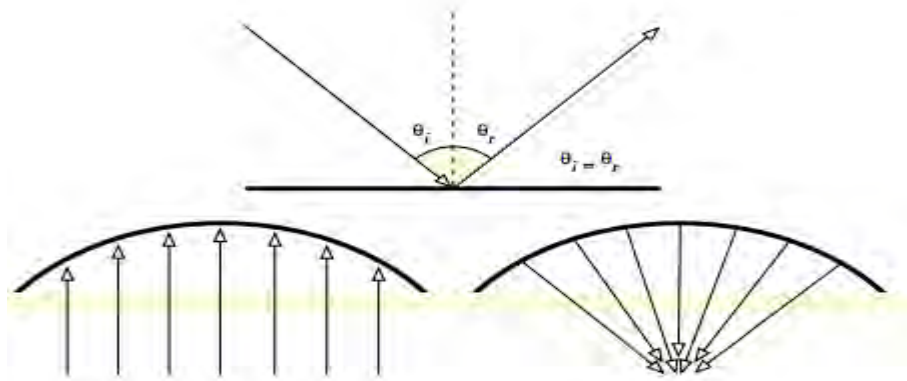
Los árboles y las hojas también atenúan las ondas. En especial si la madera está húmeda y las hojas contienen gran cantidad de agua. Justo lo que encontramos en la ruta de los enlaces. Por tanto se consideran los árboles y hojas como absorbentes que se deben evitar.

**4.3.2 Reflexión.** Al igual que la luz visible las ondas de radio son reflejadas cuando entran en contacto con materiales que son apropiados para eso: para las ondas de radio, las principales fuentes de reflexión son el metal y las superficies del agua. Las reglas para la reflexión son bastante simples: el ángulo en el cual una onda incide en la superficie es el mismo ángulo en el cual es desviada.<sup>21</sup>

En estos municipios de la zona Norte del Departamento del Cauca, no hay demasiada presencia de edificaciones que puedan provocar una reflexión, ni cercana ni lejana, con lo que el efecto multitrayectoria disminuye y no causa los problemas que si puede provocar en entornos como ciudades.

En la siguiente figura se puede observar la reflexión de una onda donde el ángulo de incidencia es siempre igual al ángulo de reflexión. Una antena parabólica utiliza este efecto para concentrar las ondas de radio que caen sobre su superficie en una dirección común.

**Figura 8. Reflexión de ondas de radio**



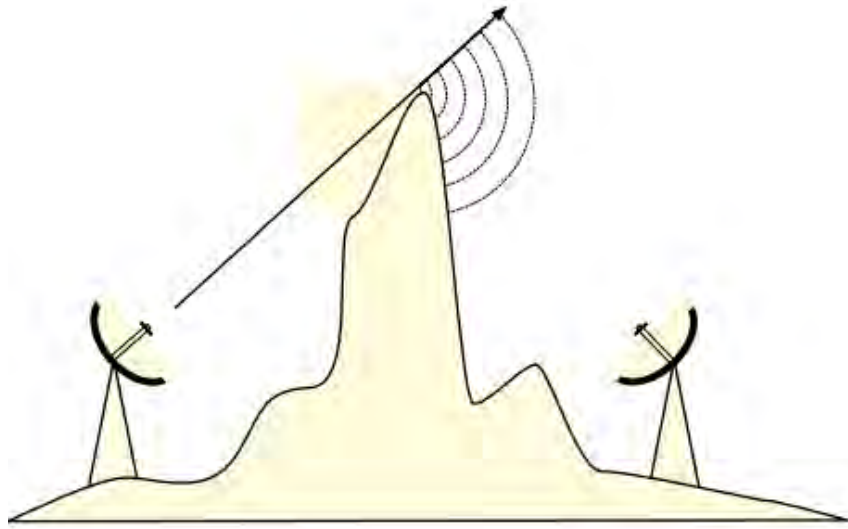
**Fuente:** Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Op Cit, [en línea] [consultado 12 de agosto de 2013] Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=rcITyVcY7yWC&pg=PP3&lpg=PP1&dq=REDES+INALAMBRICAS&hl=es>

<sup>21</sup> Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo.[en línea] [consultado 16 de agosto de 2012] Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=rcITyVcY7yWC&pg=PP3&lpg=PP1&dq=REDES+INALAMBRICAS&hl=es>

**4.3.3 Difracción.** Difracción es el comportamiento de las ondas cuando al incidir en un objeto dan la impresión de doblarse. Es el efecto de “ondas doblando una esquina”<sup>22</sup>

Dado que se trata siempre de conseguir un apuntamiento directo entre antenas, no hay necesidad (ni tampoco posibilidad) de que las ondas se difracten en picos de montañas o árboles. Por esta razón la repercusión de este efecto se estima poco importante. La figura 9 se observa el efecto de difracción, este comportamiento de una onda genera una pérdida de potencia: la potencia de la onda difractada es significativamente menor que el frente de onda que lo provoca. Pero en algunas aplicaciones muy específicas, se puede aprovechar el efecto de difracción para rodear obstáculos.

**Figura 9. Difracción en la cima de una montaña**



**Fuente:** Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Op Cit, [en línea] [consultado 12 de agosto de 2012] Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=rcITyVcY7ywC&pg=PP3&lpg=PP1&dq=REDES+INALAMBRICAS&hl=es>

---

<sup>22</sup> Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Op Cit, [en línea] [consultado 12 de agosto de 2012] Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=rcITyVcY7ywC&pg=PP3&lpg=PP1&dq=REDES+INALAMBRICAS&hl=es>

De estos tres fenómenos el que tendría más incidencia va a ser el desvanecimiento, debido a la vegetación y al clima de la zona. Podemos encontrar reflexión y difracción en las zonas urbanas de cada municipio aunque no como principales problemas.

**4.3.4 Atenuación.** La atenuación es descrita matemáticamente por la ley del cuadrado inverso que describe cómo es que se reduce la densidad de la potencia con la distancia a la fuente. El campo electromagnético continuo se dispersa a medida que el frente de onda se aleja de la fuente, lo que hace que las ondas electromagnéticas se alejen cada vez más entre sí. En consecuencia, la cantidad de ondas por unidad es menor.

Cabe destacar que no se pierde ni se disipa nada de la potencia irradiada por la fuente a medida que el frente de onda se aleja, sino que el frente se extiende cada vez más sobre un área mayor lo que hace una pérdida de potencia que se suele llamar atenuación de la onda. La atenuación de la onda se debe a la dispersión esférica de la onda, a veces se le llama atenuación espacial de la onda<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Propagación de onda electromagnéticas [en línea] [consultado 10 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/vila\\_b\\_ca/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf)



## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 CONTEXTO GEOGRAFICO**

La zona norte del departamento del Cauca, más específicamente, los municipios que integran la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca – ACIN, corresponden a población indígena del pueblo nasa en un 90%. Este pueblo indígena, a pesar los procesos de aculturación, conserva muchas tradiciones de orden cultural que se vivencian en la vida cotidiana de las personas y muchas de ellas están enfocadas al mantenimiento del equilibrio y armonía comunitaria lo que en la cultura occidental es, en parte asumido, como procesos de mantenimiento de la salud y prevención de la enfermedad.

La red de telecomunicaciones inalámbrica que se diseñó, precisamente está enfocada a la aplicación de las TIC's en los procesos de salud que desarrolla la Institución Prestadora de Servicios de Salud Intercultural de la IPS-I ACIN.

De acuerdo con lo anterior, el primer paso que se dio para el desarrollo del presente diseño fue el de reconocer la zona donde estarán ubicadas las antenas tomando, mediante GPS, la posición geográfica de las sedes a conectar; así mismo se reconocieron las personas que allí viven y sus condiciones socio-económicas y culturales. Para realizar este proceso se tuvo en cuenta los trabajos que con anterioridad se han realizado en la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca, los diferentes Cabildos y otros estudios que se ubicaron tras la revisión bibliográfica correspondiente. Este proceso de ubicación contextual permitió conocer de manera práctica cada uno de los sitios, pero además permitió el reconocimiento del impacto a nivel socio-cultural que la aplicación de estas tecnologías tendrá en la comunidad en donde se realizará el trabajo, a través de información suministrada por líderes de estas comunidades.

Para reconocer las condiciones geográficas de la zona y su favorabilidad para el diseño de la red de telecomunicaciones inalámbricas se utilizó software especializado para realizar simulaciones de los enlaces microondas y wireless; así mismo se revisaron los mapas e información geográfica del programa de Planeación de la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca. De manera posterior se realizó una inspección en terreno bajo el criterio de línea de vista entre los cerros en donde estarán ubicados los equipos de transmisión.

## **5.2 SIMULACIONES MICROONDAS Y WIRELESS**

De acuerdo con la inspección en terreno y los lugares que se definieron para la ubicación de los equipos de radio se inició con los cálculos matemáticos pertinentes para posteriormente realizar simulaciones. El primer cálculo corresponde a las distancias entre las estaciones de radio y puntos de las sedes a conectar. Posteriormente se realizó la asignación de frecuencias de acuerdo a la distancia entre estaciones de radio. A continuación se procedió a realizar los cálculos matemáticos pertinentes a las pérdidas en el espacio libre con su respectiva simulación y se realizó la verificación de la línea de vista de cada uno de los emplazamientos de la red troncal concluyendo que el 100% de la primera zona de Fresnel está libre. Posteriormente se realizan los cálculos del margen de desvanecimiento para encontrar la ganancia del sistema con el apoyo del software ANDREW.

En lo concerniente a enlaces wireless se definió la frecuencia de operación y se realizaron las simulaciones pertinentes que permitieron obtener resultados exitosos en la comunicación de las áreas urbanas.

Posteriormente se realizó el análisis de los servicios de voz, datos e internet a través del tráfico de la telefonía análoga con que cuentan algunas sedes de la IPS-I ACIN y del ancho de banda de internet requerido para el funcionamiento de los anteriores servicios.

## **5.3 RECOMENDACIÓN DE EQUIPOS Y PROVEEDORES**

A continuación se procedió a recomendar los equipos de acuerdo con las simulaciones microondas y wireless. En lo concerniente a la telefonía se trabajó sobre redes IP teniendo en cuenta que permiten utilizar la misma infraestructura de telecomunicaciones que brindará los servicios de voz, datos e internet.

Por último se realizó la selección de los proveedores que en el municipio de Santander de Quilichao prestan los servicios de internet teniendo en cuenta criterios de confiabilidad, servicios, infraestructura, tecnología, última milla.

## 6 CONTEXTO GEOGRAFICO

### 6.1 GEOGRAFÍA Y POBLACIÓN

La zona norte del Departamento del Cauca está ubicada en el sector caucano del valle geográfico del río Cauca en límites con el Departamento del Valle. Presenta en su territorio los siguientes municipios: Buenos Aires, Caloto, Corinto, Miranda, Toribio, Jambalo, Santander de Quilichao y Suárez en los cuales se encuentra población indígena y mestiza; así mismo se encuentran los municipios de Puerto Tejada, Padilla y Guachené en los cuales habitan población afrocolombiana y mestiza fundamentalmente. Con una extensión de su superficie que representa el 8.3% del departamento, aporta el 22.2% de la población. Su principal actividad económica en la zona indígena es la agropecuaria y en la zona afrocolombiana y mestiza se suma la agroindustria que se encuentra altamente especializada en la caña de azúcar. En la figura 10 podemos observar los municipios de la zona norte que integran la red de servicios de telecomunicaciones.

**Figura 10. Mapa Territorial Municipios Zona Norte Departamento del Cauca Comunidad Nasa**



**Fuente:** Planeación Acin 2004

La geografía general del departamento del Cauca corresponde al sistema andino; la zona norte del departamento está ubicada entre las cordilleras central y occidental. En ella se encuentran los pisos térmicos cálido, templado y frío y los pisos bioclimáticos subandino, altoandino y páramo que comprenden las siguientes altitudes:

- **Cálido:** 0-1000 msnm 47,9%
- **Templado:** 1000-2000 msnm 33,6%
- **Frío:** 2000-3000 msnm 13,6%
- **Páramo:** 3000 y más 4,9%

Los resguardos indígenas Nasa de Santander de Quilichao, Caloto, Corinto, Suárez, Buenos Aires, Toribio, Miranda y Jámalo se encuentran ubicados en las zonas medias y altas de estos territorios cuya geografía es especialmente montañosa.

**Figura 11. Fotografía zona rural zona norte del departamento del Cauca**



**Fuente:** BENAVIDES CASTILLO, Juliana. ACIN. Perfil Sociodemográfico Comunidad Indígena Nasa de la vereda de Vitoyó. Santander de Quilichao. 2009

El principal recurso hídrico de la zona es el río Cauca y además cuenta con los ríos que nacen en la parte alta de las montañas, entre ellos se encuentran el río Palo, río Quilichao y río Negro.

Como se ha mencionado con anterioridad, la zona norte del departamento del Cauca es inter-étnica, sus pobladores tienen su origen principalmente en los pueblos prehispánicos, en los españoles que allí se establecieron y en los negros traídos como esclavos del África occidental. Las estadísticas del DANE presentan la siguiente proyección de la población para el año 2012 en esta zona:

**Cuadro 2. Proyección población municipios zona norte del Departamento del Cauca**

Municipio	Población
<b>Buenos Aires</b>	30.493
<b>Caloto</b>	17.536
<b>Corinto</b>	30.705
<b>Jambalo</b>	16.574
<b>Miranda</b>	37.592
<b>Puerto Tejada</b>	45.241
<b>Santander de Quilichao</b>	89.267
<b>Suarez</b>	18.809
<b>Toribio</b>	28.253
<b>Padilla</b>	8.010
<b>Guachené</b>	19.696
<b>TOTAL</b>	342.176

**Fuente:** DANE. Estimaciones de Población 1985 – 2005 y Proyecciones de Población 2005 – 2020 por municipio.

La población indígena nasa se encuentra ubicada en los municipios de Santander de Quilichao, Corinto, Caloto, Miranda, Toribio, Jambalo, Suarez y Buenos Aires.

Los indígenas Nasa ocupan el territorio de la zona norte del departamento del Cauca desde tiempos anteriores a la llegada de terratenientes mestizos. A finales del siglo XIX e inicios del siglo XX estas tierras eran pobladas por muy pocos indígenas Nasa quienes cultivaban especialmente café, maíz, plátano, yuca, frijol. Estas personas empezaron a establecer relaciones comerciales con comerciantes mestizos que les compraban el café, posteriormente algunos indígenas nombraron como padrinos de sus hijos a algunos de estos mestizos y así empezaron a

emparentar con ellos. En la medida en que el territorio era tan extenso, miembros de la comunidad indígena les empezaron a vender porciones de tierra y los mestizos cada vez fueron ocupando estos territorios. Estas personas que compraron las tierras las heredaron a sus hijos y posteriormente pasan a ser de un solo dueño. Esta persona empezó a dominar, explotar y marginar a los habitantes indígenas durante por lo menos cinco décadas. Hacia el año 1.930, le fueron entregadas, por parte del Estado colombiano, escrituras públicas a estos nuevos dueños, ahora convertidos en “terratenientes”, estos empezaron a apoderarse de cada vez más tierras y en ellas ponían a trabajar a los indígenas sin remuneración, ni alimentación; las personas que trabajaban la tierra sacaban un poco de lo que cultivaban para su alimentación y la de sus familias, la mayor parte de las ganancias las gastaban en el pago de terraje, de acuerdo con la extensión de tierra que trabajaran, este pago de terraje consistía en días de trabajo a favor del terrateniente. Esto ocurría a pesar de que desde la época colonial y como derivación de la encomienda, se crearon los Resguardos, que venían a ser porciones de terrenos adjudicados colectivamente a los indígenas para vivir en comunidad, bajo la autoridad del Cabildo. La Ley 89 de 1.890, declaraba que la tierra que estaba dentro del resguardo, no podía venderse, ni cederse, ni hipotecarse a nombre de gentes extrañas que no pertenecían a la comunidad. Durante décadas enteras, los indígenas Nasa estuvieron sometidos y explotados por los terratenientes; es sólo hasta los años 1.960, cuando empiezan a sentir con más fuerza la necesidad de la tierra y retomaron procesos de concientización de la comunidad respecto a los derechos que los indígenas tienen sobre sus territorios. Destacados líderes indígenas sentaron, en el pasado, las bases para el proceso de recuperación de tierras, entre ellos Juan Tama y Manuel Quintín Lame.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> BENAVIDES, Juliana. ACIN. Perfil Sociodemográfico Comunidad Indígena Nasa de la vereda de Vitoyó. Santander de Quilichao. 2009

## 6.2 PUNTOS DE LA RED

- **Propuesta de las necesidades de los servicios de Telecomunicaciones en las sedes de la IPS- I ACIN**

De manera posterior a la revisión de cada uno de los procesos y procedimientos implementados en la IPS-I ACIN a nivel clínico y de gestión, del cual se extrajo el diagrama de flujo de los procesos que deben realizarse al momento de solicitar una cita y los filtros que el personal de la IPS-I ACIN debe realizar antes de ser asignada, de no hacerlo repercute en pérdidas económicas para la Institución, la figura 12, permite identificar los servicios de Telecomunicaciones requeridos en los centros de atención de la siguiente manera:

El usuario al momento de solicitar una cita lo puede hacer:

- Asistiendo a la entrega de fichas o turnos.
- Realizando una llamada telefónica

En el momento que el paciente decide realizar su solicitud telefónicamente, los centros de atención de la IPS-I ACIN de la zona norte del departamento del Cauca deben contar con un servicio telefónico óptimo y oportuno al momento de recibir y realizar llamadas, por tal motivo se realiza el análisis del tráfico de telefonía en el apartado 9.1, el cual permite identificar el valor total de Erlangs y el número de canales requeridos para que la llamada sea exitosa

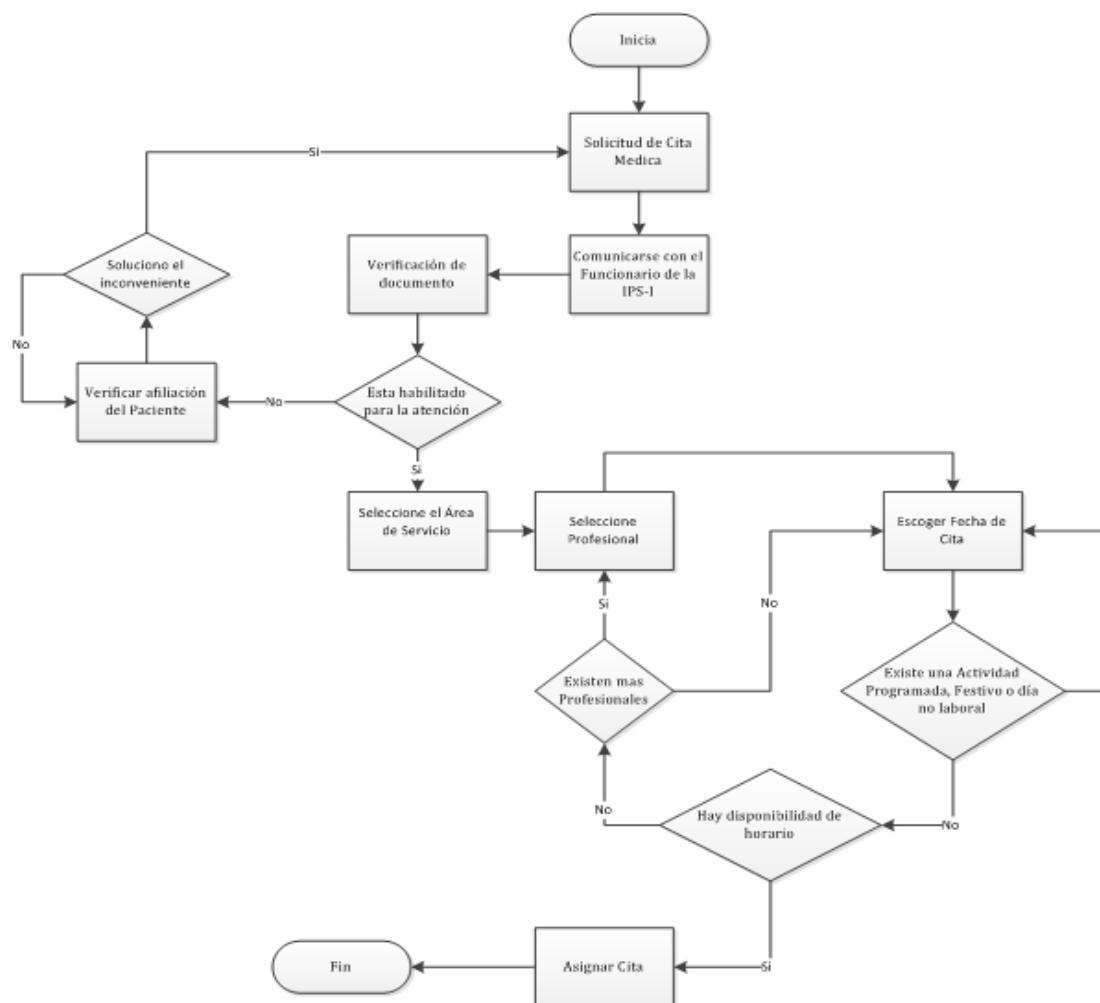
De manera posterior, se debe realizar la verificación correspondiente para que el usuario pueda obtener su cita así:

- Se verifica con el número del documento de identidad, que el usuario se encuentra registrado en la base de datos local que la EPS AIC actualiza frecuentemente.
- El siguiente filtro es buscar que el paciente se encuentre registrado vía web en el fondo de solidaridad y garantía (FOSYGA), verificando que sea usuario de la EPS AIC.

Si el paciente cumple con estos requisitos se debe asignar su cita, por tal motivo la IPS-I ACIN requiere de servicios como el internet y una eficiente comunicación de la información no solo del proceso de asignación de una cita, sino también poder compartir la información para futuros aplicativos tales como: historias clínicas, facturación, contabilidad inventarios de farmacia y almacén, razón por la cual es necesario la creación de un centro de datos, ver apartado 9.4

Los servicios requeridos para cada centro de atención se exponen en el cuadro 3.

**Figura 12. Gestión integral de citas médicas, IPS-I ACIN**



**Fuente:** Manual de procesos y procedimientos, Servicio de información y atención al comunero (SIAC). 2 ed. Santander de Quilichao: 2012.



**Cuadro 3. Propuesta de servicios requeridos en las sedes de la IPS-I ACIN**

			No DE EQUIPOS ACTUALES			
MUNICIPIO	SEDE	SIGLA	PC's	VoIP	INTERNET	WI-FI
SANTANDER	IPS SANTANDER	ISA	15	X	X	
	ADMINISTRACION	ADM	30	X	X	X
	ALMACEN	ALM	4	X	X	
	LABORATORIO 2	LAB2	3	X	X	
	LABORATORIO 1	LAB1	1	X	X	
	ACIN	ACIN	40	X	X	X
	COMERCIALIZADORA	COM	3	X	X	
CALOTO	IPS CALOTO	ICAL	15	X	X	
CORINTO	IPS CORINTO	ICOR	6	X	X	
MIRANDA	IPS MIRANDA	IMIR	6	X	X	
TACUEYO	IPS TACUEYO	ITAC	8	X	X	
TORIBIO	IPS TORIBIO	ITOR	15	X	X	
JAMBALO	IPS JAMBALO	IJAM	15	X	X	

- **Sedes asociación de cabildos indígenas del norte del Cauca IPS-I ACIN y ACIN**

En este apartado se georeferencian, mediante el cuadro 4, las sedes de la IPS-I ACIN, ubicadas con GPS.

**Cuadro 4. Coordenadas geográficas de los puntos de red**

COORDENADAS GEOGRAFICAS SEDES IPSI- ACIN							
	LUGAR	SIGLA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	CLIMA	T. PROM.
1	ADMINISTRACION	ADM	3°00'11.73" N	76°28'58.57"O	1081 msnm	TEMPLADO	26°C
2	IPS SANTANDER	ISA	3°00'13.40" N	76°29'O.77"O	1081 msnm	TEMPLADO	26°C
3	COMERCIALIZADORA	COM	3°00'17.11" N	76°29'3.41"O	1080 msnm	TEMPLADO	26°C
4	LABORATORIO1	LAB1	3°00'38.27" N	76°29'1.30"O	1062 msnm	TEMPLADO	26°C
5	LABORATORIO2	LAB2	3°00'11.31" N	76°28'57.35"O	1081 msnm	TEMPLADO	26°C
6	ACIN	ACIN	3°00'33.51" N	76°28'43.69"O	1066 msnm	TEMPLADO	26°C
7	ALMACEN	ALM	3°00'11.04" N	76°28'57.57"O	1081 msnm	TEMPLADO	26°C
8	IPS CALOTO	ICAL	3°1'59.42" N	76°24'28.10"O	1119 msnm	TEMPLADO	25°C
9	IPS CORINTO	ICOR	3°10'33.36" N	76°15'39.17"O	1093 msnm	TEMPLADO	24°C
10	TORIBIO	TOR	2°57'19.2" N	76°16'6.1"O	1718 msnm	TEMPLADO	19°C
11	IPS TORIBIO	ITOR	2°57'6" N	76°16'17"O	1740 msnm	TEMPLADO	19°C
12	IPS JAMBALO	IJAM	2°46'39" N	76°19'35"O	2299 msnm	FRIO	16°C

Después de tomar las coordenadas geográficas de las sedes a conectar se pudo visualizar e identificar, desde ellas, los puntos altos de la topografía caucana que nos garanticen una libre propagación de microondas y condiciones necesarias para la instalación de las torres y equipos de telecomunicaciones que interconectarán a las sedes de la IPS-I ACIN obteniendo las coordenadas que se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5. Coordenadas geográficas de las estaciones de radio (RBS)**

COORDENADAS GEOGRAFICAS RBS							
	LUGAR	SIGLA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	CLIMA	T. PROM.
1	BELEN	BEL	3°00'12.68" N	76°28'40.16"O	1112 msnm	TEMPLADO	26°C
2	PERICO NEGRO	PNG	3°12'49" N	76°25'49.9"O	970 msnm	CALIDO	27°C
3	CALOTO	CAL	3°2'11.70" N	76°24'46.30"O	1128 msnm	TEMPLADO	25°C
4	CORINTO	COR	3°10'33.36" N	76°15'39.17"O	1092 msnm	TEMPLADO	24°C
5	MIRANDA	MIR	3°14'58.28" N	76°13'43.47"O	1118 msnm	TEMPLADO	24°C
6	BERLIN	BER	2°58'29.60" N	76°17'11.80"O	2263 msnm	FRIO	16°C
7	IPS TACUEYO	ITAC	3°1'19.05" N	76°14'26.33"O	1751 msnm	TEMPLADO	19°C
8	PALETON	PAL	2°47'19.086" N	76°20'26.53"O	2584 msnm	FRIO	16°C

La topología de los emplazamientos entre las RBS se puede visualizar en la figura 34, de igual manera la topología de los enlaces wireless de la zona urbana de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo se muestran en las figuras 43, 44, 45 y 46 respectivamente.

### **6.3 PERCEPCIÓN DE LÍDERES INDÍGENAS NASA**

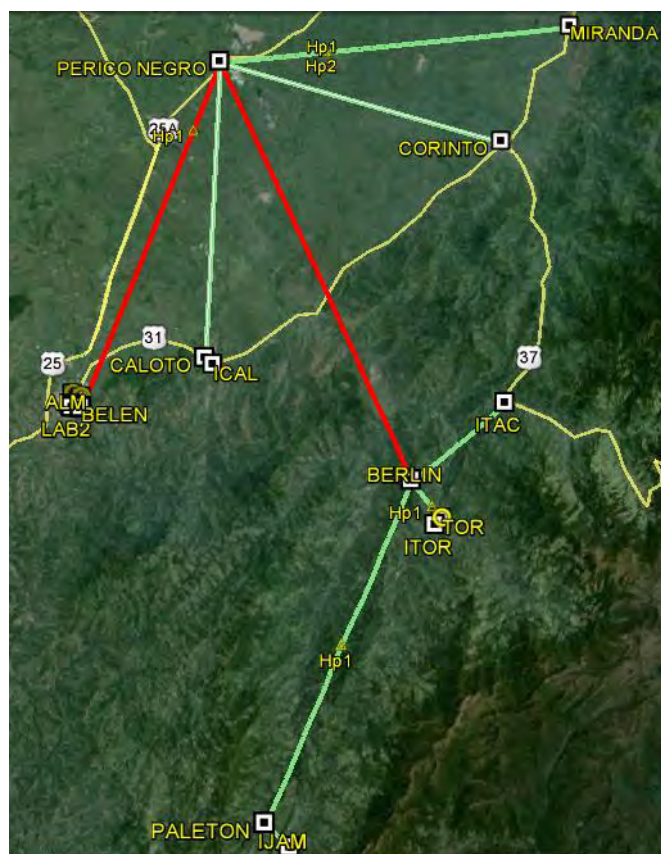
Los líderes indígenas o Concejeros de la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca, (ACIN), a través de reuniones programadas con el área de sistemas de la IPS-I ACIN, han ampliado sus conocimientos acerca de los servicios que ofrecen las redes de telecomunicaciones. La capacitación sobre este tema a los líderes indígenas permite abrir el camino para la realización y futura implementación del diseño de red inalámbrica teniendo en cuenta que ellos tienen la potestad de autorizar todo tipo de intervenciones en el territorio de sus resguardos indígenas. Actualmente han demostrado su interés y autorización para avanzar con este diseño, ya que han comprendido que el mismo permitirá avanzar tecnológicamente a la ACIN y entrar en el mundo de las TIC en el sector de la salud.

## 7 DISEÑO DE ENLACES MICROONDAS

El diseño de los enlaces microondas es una aspecto fundamental para establecer la comunicación inalámbrica entre los municipios incluidos en el presente trabajo y así llevar los servicios de voz, datos e internet a cada una de las sedes de la IPS-I ACIN. Ver figura 13

Por esta razón, se hace necesario presentar las simulaciones y cálculos matemáticos que llevan a obtener el perfil de cada enlace microondas. En el presente capítulo se describe cada uno de los pasos a seguir para obtener este perfil en lo relacionado con el emplazamiento entre el cerro de Berlín (BER) ubicado en el municipio de Toribio, Cauca y el cerro de Paletón (PAL) ubicado en el municipio de Jambalo, Cauca. Los demás emplazamientos microondas se encuentran desde el anexo A hasta el anexo F donde se detallan las figuras de las simulaciones realizadas y que podrán ubicarse de la siguiente manera, ver cuadro 6.

**Figura 13. Emplazamientos de la red**



**Cuadro 6. Emplazamientos de la red de enlaces microondas anexo A – F**

ENLACE MICROONDAS		ANEXO
BELEN	PERICO NEGRO	A
PERICO NEGRO	MIRANDA	B
PERICO NEGRO	CORINTO	C
PERICO NEGRO	CALOTO	D
PERICO NEGRO	BERLIN	E
BERLIN	IPS TACUEYO	F

Los aplicaciones utilizadas para realizar las simulaciones de enlaces microondas corresponden a: RadioWORKS que simula las perdidas en el espacio libre y primera zona de Fresnel; Link Planner de Motorola que permite comparar la primera zona de Fresnel obtenida con RadioWORKS; Andrew que permite obtener la ganancia del sistema, las dimensiones de la antena y los tipos de guía de onda; por último con Radio Mobile se obtiene el perfil de cada emplazamiento.

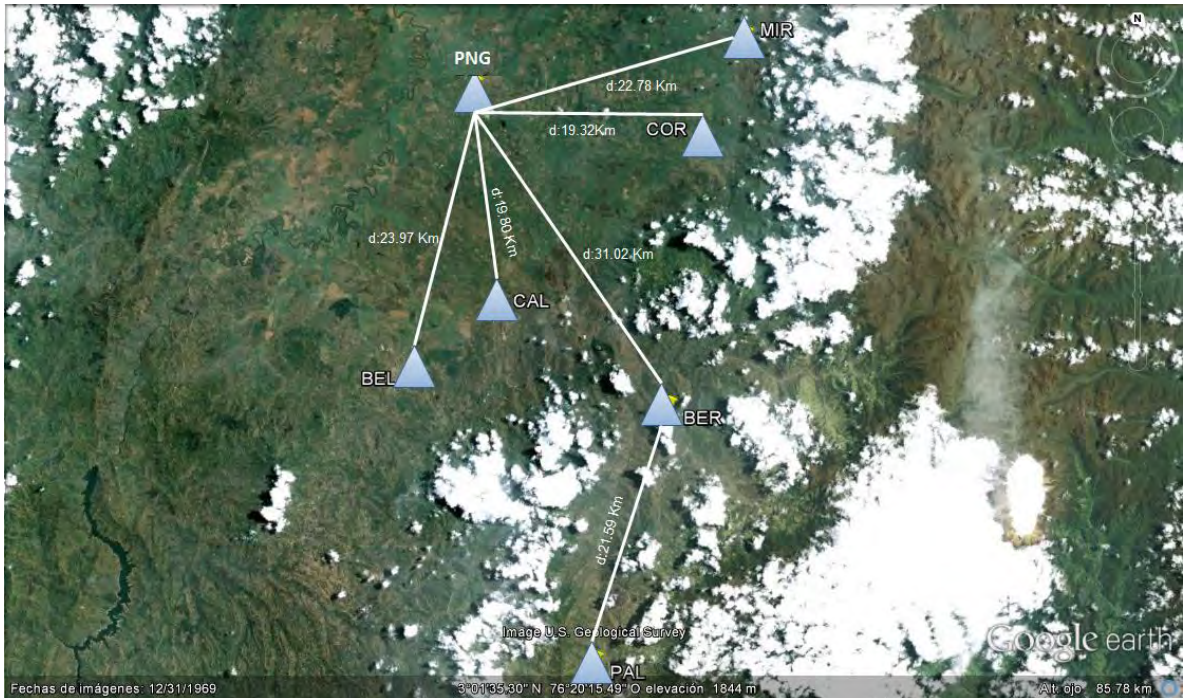
### **7.1 DISTANCIAS ENTRE ESTACIONES DE RADIO (RBS)**

Dentro del reconocimiento geográfico, las torres y equipos de transmisión, se deben ubicar de manera estratégica evitando el menor número de saltos o repetidoras para llegar con la señal de microondas a las sedes de la IPS-I ACIN; las coordenadas encontradas con el GPS se sobreponen en un sistema de información geográfico, como lo es GOOGLE EARTH<sup>25</sup>, este nos permitirá visualizar con detalles topográficos los lugares donde se instalaran las RBS. La red troncal que permitirá llevar los servicios de telecomunicaciones hacia cada una de las sedes de la IPS-I ACIN, a través de enlaces microondas, se muestra la figura 14.

---

<sup>25</sup> La información geográfica del mundo en tu mano. [en línea] [consultado 13 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.google.com/earth/index.html>

**Figura 14. Distancias entre RBS en la zona norte del Cauca**



## 7.2 FRECUENCIAS

Las frecuencias que se utilizarán para cada emplazamiento corresponden al cuadro 7 que a su vez se relaciona con las distancias determinadas en la anterior figura, por ejemplo, para el enlace de radio entre las RBS de Belén (BEL) y Perico Negro (PNG) existe una distancia de 23.97 Km, por lo tanto, el cuadro 7 indica que se debe seleccionar la frecuencia de 13 GHz. Esta información permite encontrar matemáticamente las pérdidas en el espacio libre al ser reemplazadas en la ecuación 4-3, como se observa en el cuadro 8.

El valor encontrado de las pérdidas en el espacio libre son corroborados con las simulaciones realizadas de los enlaces microondas.

**Cuadro 7. Comparación de Frecuencia Vs Distancia**

Frecuencia (GHz)	Distancia (km)
2	60
4/5/6	50
7/8	45
11	35
13	25
15	20
18/20	10
30	5
60	0.5

**Fuente:** Microondas. [en línea] [consultado 16 de noviembre de 2012]. Disponible en internet: <http://allman.rhon.itam.mx/~creyes/apuntes/msa2.pdf>

### **7.3 CALCULO DE LAS PERDIDAS DE TRAYECTORIA EN EL ESPACIO LIBRE**

En la siguiente tabla se observan los cálculos realizados teniendo en cuenta la ecuación  $L_p(dB) = 92.4 + 20\log F(GHz) + 20\log D(Km)$ , la cual permite encontrar la pérdida a la que es sometida una onda electromagnética cuando esta se irradia en línea recta por el espacio libre.

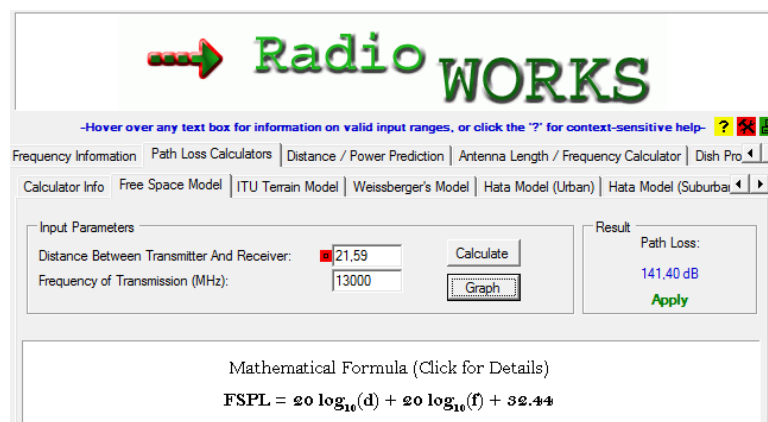
**Cuadro 8. Cálculo de la trayectoria de pérdidas en el espacio libre**

RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO		FRECUENCIA (GHz)	DISTANCIA (Km)	Lp(dB)
BEL	PNG	13	23,97	142
PNG	CAL	15	19,8	142
PNG	BER	11	31,02	143
PNG	COR	15	19,32	142
PNG	MIR	13	22,78	141
BER	PAL	13	21,59	141
BER	ITAC	18	7,32	135



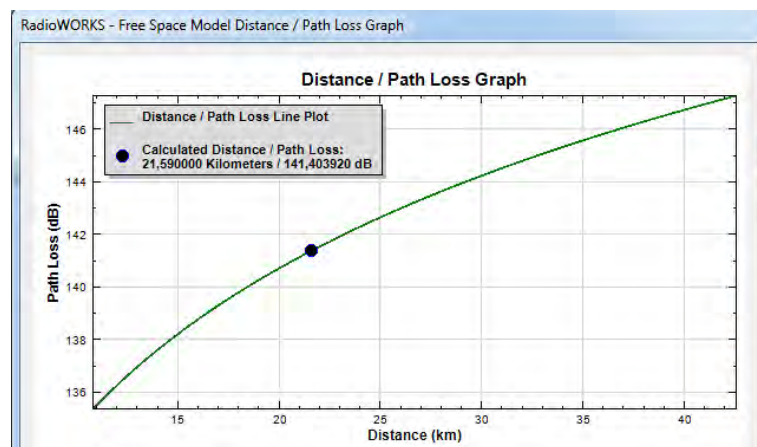
En la figura 15 se muestra una simulación con RadioWORKS<sup>26</sup>. En esta oportunidad se realiza el cálculo de las pérdidas en el espacio libre entre las estaciones de radio de Berlín (BER) y Paletón (PAL) ingresando al software su distancia en km y la frecuencia en MHz. Obteniendo un resultado igual al que se muestra en el cuadro 8, además este software permite obtener una representación gráfica como también se observa en la figura 16.

**Figura 15. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio Berlín (BER) y Paletón (PAL)**



The screenshot shows the RadioWORKS software interface. At the top, there is a logo with a red arrow pointing right and the text "Radio WORKS". Below the logo, there is a navigation bar with tabs: "Frequency Information", "Path Loss Calculators", "Distance / Power Prediction", "Antenna Length / Frequency Calculator", and "Dish Pro". The "Path Loss Calculators" tab is selected. Below the navigation bar, there is a section for "Calculator Info" with tabs: "Free Space Model", "ITU Terrain Model", "Weissberger's Model", "Hata Model (Urban)", and "Hata Model (Suburban)". The "Free Space Model" tab is selected. In the "Input Parameters" section, there are two input fields: "Distance Between Transmitter And Receiver:" with a value of 21.59 and "Frequency of Transmission (MHz):" with a value of 13000. There are "Calculate" and "Graph" buttons. In the "Result" section, the "Path Loss:" is displayed as 141.40 dB, with an "Apply" button below it. At the bottom, there is a section for the "Mathematical Formula (Click for Details)" showing the formula:  $FSPL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32.44$ .

**Figura 16. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio Berlín (BER) y Paletón (PAL)**



<sup>26</sup> RadioWORKS 2.0.[en línea] [consultado 4 de agosto de 2012] Disponible en internet: <http://www.hormiga.org/programas-gratis/RadioWORKS-2-0.htm>

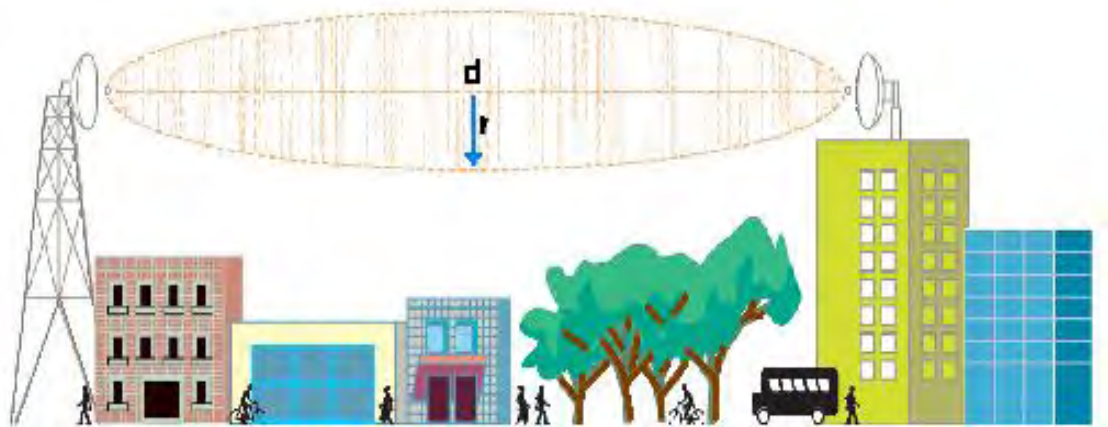


## 7.4 ZONA DE FRESNEL

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens<sup>27</sup>, podemos calcular la primera zona de Fresnel y esto es el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor.

Basados en esto, podemos investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ej., un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas.

**Figura 17. Zona de Fresnel**



**Fuente:** BUETTRICH, Sebastián. Unidad 06 – Cálculo de radioenlaces. [en línea] [consultado 24 octubre de 2012] Disponible en internet: [http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06\\_CalculoRadioenlace/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_CalculoRadioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf)

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo

---

<sup>27</sup> Principio de Huygens es un método de análisis aplicado a los problemas de propagación de ondas en el límite de campo lejano. Establece que cada punto de frente de onda que avanza es, de hecho, el centro de una nueva perturbación y la fuente de un nuevo tren de ondas; y que esa onda avanzando como un todo, puede ser concebida con la suma de todas las ondas secundarias surgiendo de puntos en el medio ya atravesado. Esta visión de la propagación de ondas ayuda a comprender mejor la variedad de fenómenos de las ondas, tales como la difracción.

también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para distancias mayores a 70 Km hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas. La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{((d1 * d2)/(d * f))} \quad (7-1)$$

**d1** = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

**d2** = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

**d** = distancia entre transmisor y receptor [km]

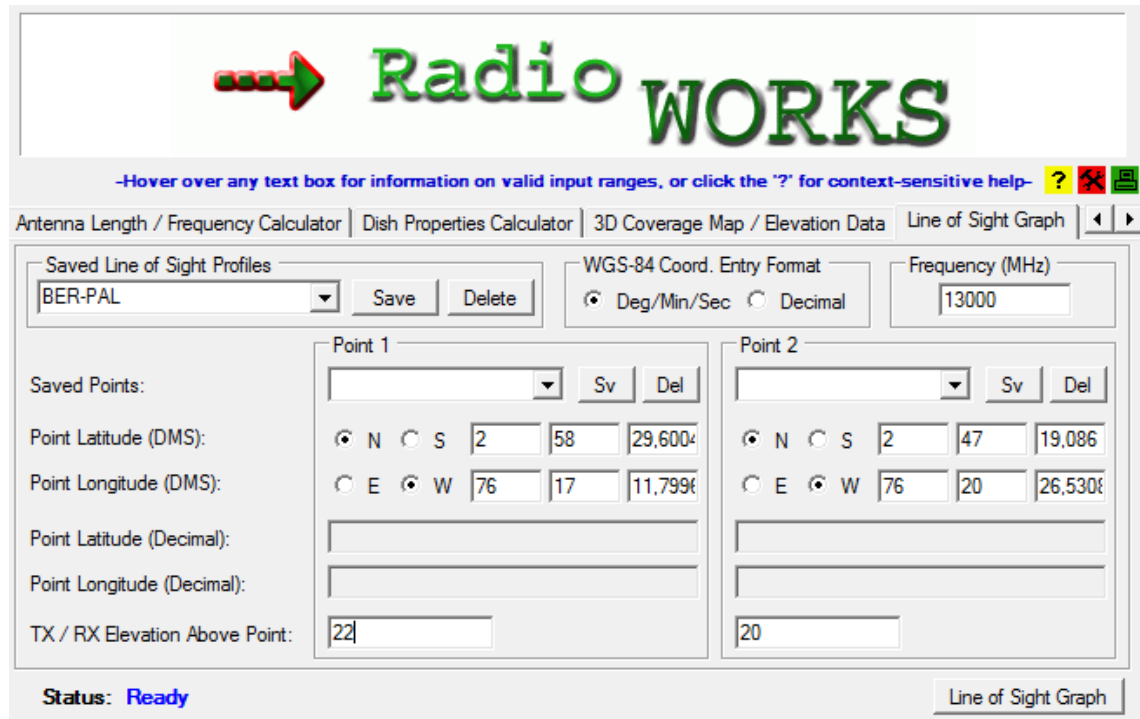
**f** = frecuencia [GHz]

**r** = radio [m]

La ecuación matemática 7-1 será reemplazada por los programas de simulación: Radio Works, link Planner de Motorola y Radio Mobile los cuales permiten encontrar esta primera zona de Fresnel de forma más exacta.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora, utilizando nuevamente el software de simulación llamado RADIO WORKS, este permitirá verificar que al menos el 60% de la primera zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos para tener un enlace microondas satisfactorio. En la figura 18 se muestra como se ingresan las coordenadas de las estaciones de radio ubicadas en los cerros de Berlín (BER) del municipio de Toribio y Paletón (PAL) del municipio de Jambalo; así mismo, la frecuencia de operación y la altura de las antenas transmisora y receptora para obtener el perfil de este enlace microondas.

**Figura 18. Ingreso de las coordenadas geográficas de las estación de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL)**

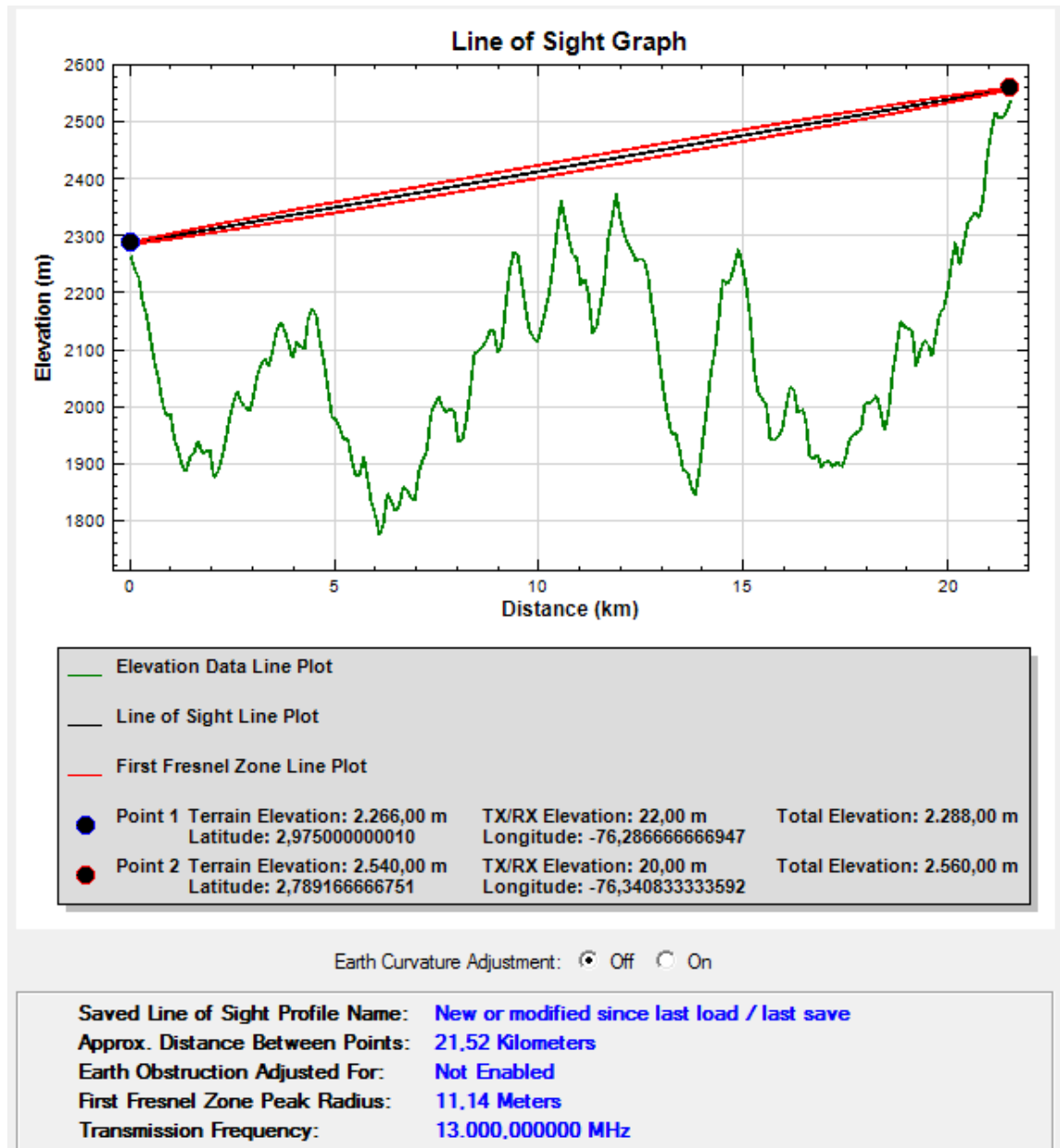


The screenshot shows the 'Radio WORKS' software interface. At the top, there is a title bar with the text '-Hover over any text box for information on valid input ranges, or click the "?" for context-sensitive help-'. Below the title bar is a menu bar with options: 'Antenna Length / Frequency Calculator', 'Dish Properties Calculator', '3D Coverage Map / Elevation Data', and 'Line of Sight Graph'. The main workspace is divided into several sections. On the left, there is a 'Saved Line of Sight Profiles' section with a dropdown menu showing 'BER-PAL' and buttons for 'Save' and 'Delete'. Below this is a 'Saved Points' section with a list of points. In the center, there are two main sections for 'Point 1' and 'Point 2'. Each section has a dropdown menu for the point name, buttons for 'Sv' (Save) and 'Del' (Delete), and input fields for 'Point Latitude (DMS)', 'Point Longitude (DMS)', 'Point Latitude (Decimal)', and 'Point Longitude (Decimal)'. The 'Point 1' section shows coordinates for 'BER' (Latitude: 2° 58' 29.600", Longitude: 76° 17' 11.799") and 'Point 2' shows coordinates for 'PAL' (Latitude: 2° 47' 19.086", Longitude: 76° 20' 26.530"). At the bottom, there is a 'Status' section showing 'Ready' and a 'Line of Sight Graph' button.

Ya finalizado el ingreso de las coordenadas geográficas de las estaciones de radio de la zona norte del departamento del Cauca, que conectarán las sedes de la IPS- I ACIN, como lo indica el cuadro 5, se procede a realizar la simulación permitiendo obtener el perfil de cada enlace microonda, garantizando que el 100 % de la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos lo que permite tener un enlace satisfactorio.

En la figura 19 se observa el perfil encontrado entre las estaciones de radio de BERLIN y PALETON encontrado con Radio Works y en la figura 20 se encuentra este mismo perfil encontrado con Link Planner de Motorola, se puede observar que los dos programas nos arrojan los mismos perfiles de enlace microondas.

**Figura 19. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) – Radio Works**



**Figura 20. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL) – Link Planner Motorola.**<sup>28</sup>



<sup>28</sup> Motorola PTP Link Planner 2.3. [en línea] [consultado 8 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://motorola-ptp-linkplanner.iwdownload.com/download/>

## 7.5 CALCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

A continuación, en el cuadro 9 se observan los cálculos realizados teniendo en cuenta la ecuación 4-4, para encontrar la indisponibilidad por propagación de un enlace de microondas sin diversidad y con línea de vista, de acuerdo con los perfiles encontrados anteriormente y el reconocimiento geográfico de los municipios que forman parte de este diseño.

Con la tabla 1 se identifica el porcentaje de confiabilidad del sistema con su correspondiente tiempo que permanecerá fuera de servicio el radio enlace, para este diseño se utiliza un porcentaje de confiabilidad del 99.9999%, que equivale a 32 segundos de tiempo interrumpido por año.

**Cuadro 9. Cálculo del margen de desvanecimiento**

ENLACE	BEL-PRN	PRN-MIR	PRN-COR	PRN-CAL	PRN-BER	BER-PAL	BER-ITAC
DISTANCIA km	23.97	22.78	19.32	19.80	31.02	21.59	7.32
FRECUENCIA GHz	13	13	15	15	11	13	18
<i>A</i>	1	1	1	1	1	2	1
<i>B</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1
<i>R</i>	0.999999						
<i>Fm(dB)</i>	47.30	46.63	45.11	45.43	52.94	51.95	36.26

**Tabla 1. Confiabilidad y tiempo de interrupción<sup>29</sup>**

Confiabilidad (%)	Tiempo de interrupción (%)	Año (horas)	Tiempo de interrupción por mes (horas)	Día (horas)
0	100	8760	720	24
50	50	4380	360	12
80	20	1752	144	4.8
90	10	876	72	2.4
95	5	438	36	1.2
98	2	175	14	29 minutos
99	1	88	7	14.4 minutos
99.9	0.1	8.8	43 minutos	1.44 minutos
99.99	0.01	53 minutos	4.3 minutos	8.6 segundos
99.999	0.001	5.3 minutos	26 segundos	0.86 segundos
99.9999	0.0001	32 segundos	2.6 segundos	0.086 segundos

**Fuente:** TOMASI Wayne. Sistemas De Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. México. ED. Pearson Educación. 2003. Pág. 768.

## 7.6 SIMULACIÓN DE RADIO ENLACES CON MICROWAVE SYSTEM PLANNER DE ANDREW<sup>30</sup>

Este software realiza la planificación de sistemas de telecomunicaciones simulando enlaces microondas, permitiendo ingresar parámetros como son: la frecuencia de operación, la distancia entre el transmisor y receptor, selección de las antena transmisora y receptora con su respectiva guía de onda, altura de la antena, potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor, obteniendo como resultado las pérdidas en el espacio libre, nivel de la señal recibida y el margen de desvanecimiento, permitiendo así comparar los resultados teóricos encontrados anteriormente.

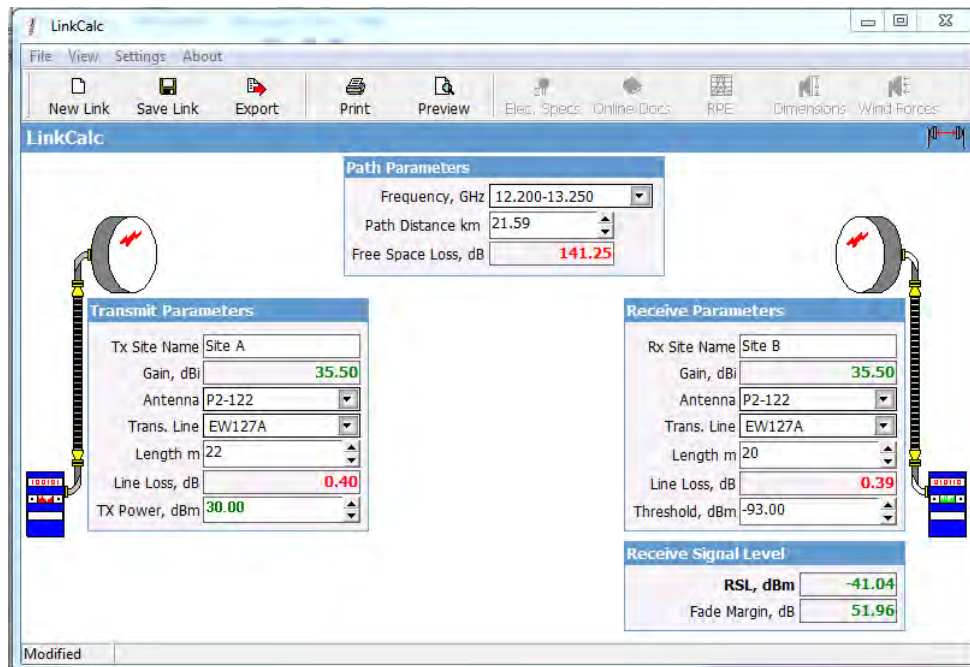
Con los datos de simulación obtenidos por el software de Andrew de cada enlace microondas se podrá encontrar la ganancia del sistema (**Gs**), este valor se podrá ver después de cada figura, no incluyen las pérdidas por acoplamiento o ramificación (**Lb**) ya que en este diseño no se utilizara ningún tipo de diversidad ya que el porcentaje de confiabilidad del sistema es de 99.9999%, que equivale a solo 32 segundos de tiempo interrumpido por año.

<sup>29</sup> TOMASI, Ibid., p 768.

<sup>30</sup> Commscope. [en línea] [consultado 06 abril de 2013]. Disponible en internet en: <http://www.commscope.com/andrew/eng/index.html>

Siguiendo el ejemplo modelo, la figura 21 indica la ganancia del sistema entre las estaciones de radio.

**Figura 21. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Berlín (BER) y Paletón (PAL)**



Para encontrar la ganancia del sistema se debe tener en cuenta la ecuación  $G_s = P_t - C_{minima} \geq F_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r$ , e incluir los datos obtenidos en la figura 21, ya que los valores son semejantes a los encontrados en el cuadro 8 (Perdidas en el espacio libre) y cuadro 9 (Margen de desvanecimiento).

$$\begin{aligned}
 G_s &: \text{Ganancia del sistema} \\
 P_t &: \text{Potencia del Transmisor} = 30\text{dBm} \\
 C_{minima} &: \text{Sencibilidad} = -93\text{ dBm} \\
 F_m &: \text{Margen de desvanecimiento} = 51.96\text{ dB} \\
 L_p &: \text{Perdidas en el espacio libre} = 141.25 \\
 L_f &: \text{perdidas en el alimentador y conectores} = 0.40\text{dB} + 0.39\text{dB} \\
 L_b &: \text{Diversidad} = 0\text{dB} \\
 A_t &: \text{Ganancia de la antena transmisor} = 35.50\text{dBi} \\
 A_r &: \text{Ganancia de la antena receptora} = 35.50\text{ dBi}
 \end{aligned}$$



Reemplazando los datos anteriores tenemos que la ganancia del sistema es:

$$G_s = 30 + 93 \geq 51.96 + 141.25 + 0.40 + 0.39 - 35.50 - 35.50$$

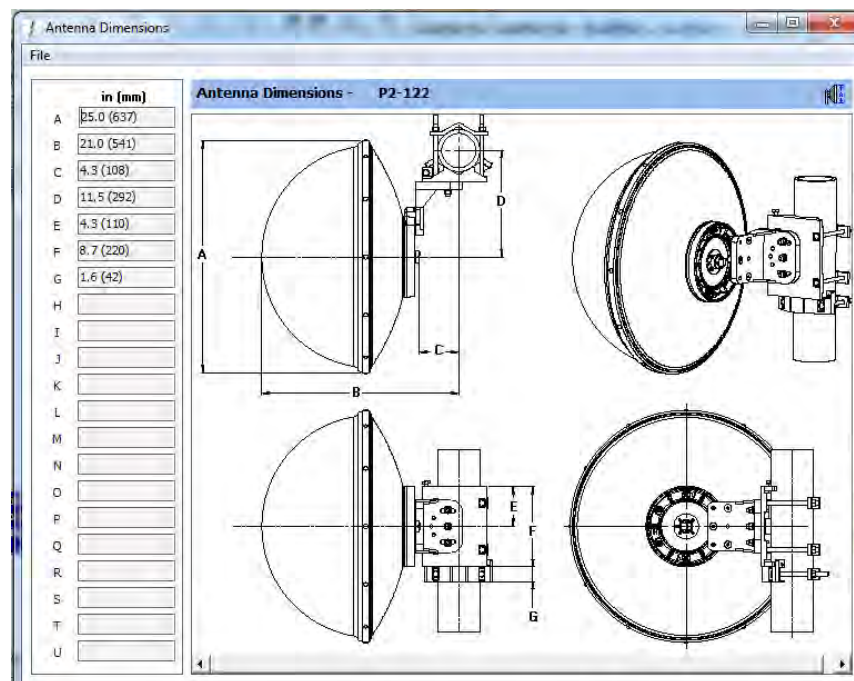
$$G_s = 123 \geq 123 \text{ dB}$$

Al realizar el análisis de este resultado encontramos que se debe utilizar para el lado del transmisor una antena con ganancia de 35.50 dBi, el trasmisor debe ser de 30 dBm; para el lado del receptor, la antena tendrá una ganancia de 35.50 dBi y su sensibilidad será de -93 dBm, para obtener un margen de desvanecimiento de 51.96 dB y el nivel de recepción de la señal es  $C_{\text{minima}} + P_t = -41.04 \text{ dBm}$  que es adecuado para que la comunicación sea satisfactoria.

- **Dimensiones de la Antena**

Como se puede observar en la figura 22, el tamaño de la antena parabólica utilizada en la simulación anterior es aproximadamente de 60 cm de diámetro y el tamaño más grande utilizado en este diseño de enlaces microondas es de 80 cm, ello permitirá utilizar torres soportadas o riendadas que son mucho más económicas que las torres autosoportadas.

**Figura 22. Dimensiones de la antena P2-122**

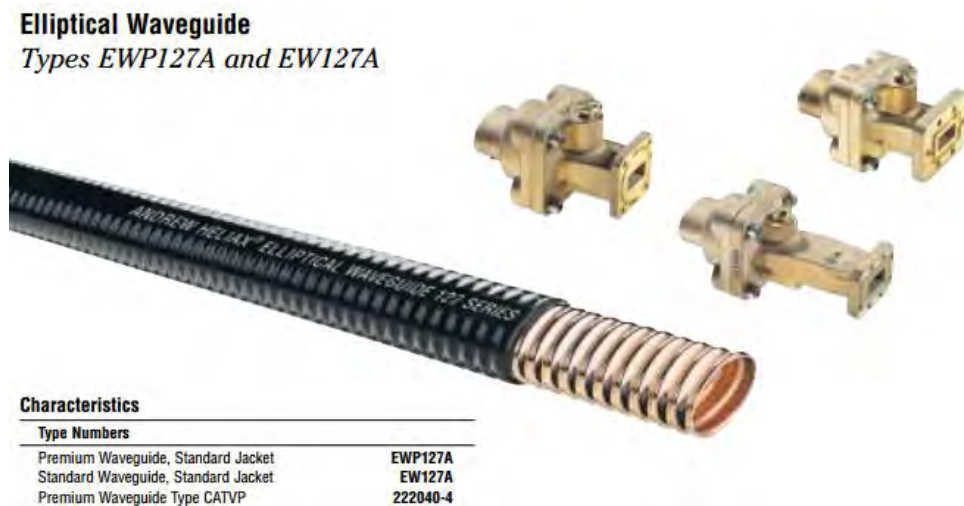


- **Perdidas en el alimentador de guía de onda.**

Una guía de onda es un tubo conductor hueco de forma rectangular o en su forma más común circular o elíptica, se utiliza en aplicaciones de microondas para la propagación de ondas electromagnéticas.

En este diseño se utilizan guías de onda elípticas por su compatibilidad con los equipos de transmisión, son más comunes por su fácil fabricación que una guía de onda rectangular y más fácil de unir; además en esta misma guía de ondas se pueden propagar ondas polarizadas verticales como horizontales En la figura 23 y tabla 2 se encuentra su forma, conectores y las atenuaciones de la guía de onda del ejemplo que se viene trabajando.

**Figura 23. Guía de onda elíptica EWP127A**



**Tabla 2. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP127A para el rango de frecuencia entre 10 GHz y 13.25 GHz**

<b>Attenuation, Average Power, Group Velocity</b>			
<b>Frequency GHz</b>	<b>Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)</b>	<b>Average Power Rating, kW</b>	<b>Group Velocity of Propagation, %</b>
10.0	4.46 (14.60)	1.00	64.2
10.5	4.16 (13.60)	1.07	68.3
11.0	4.95 (13.00)	1.13	71.7
11.5	3.79 (12.40)	1.18	64.5
11.7	3.74 (12.28)	1.20	75.5
11.9	3.69 (12.12)	1.21	76.5
12.1	3.65 (11.98)	1.23	77.3
12.3	3.61 (11.86)	1.24	78.2
12.5	3.58 (11.74)	1.25	79.0
12.7	3.55 (11.64)	1.26	79.7
12.9	3.52 (11.54)	1.27	80.4
13.1	3.49 (11.45)	1.28	81.1
13.25	3.47 (11.38)	1.29	81.5

## **7.7 SIMULACIÓN DE RADIO ENLACES CON RADIO MOBILE.**

Radio Mobile,<sup>31</sup> como se mencionó anteriormente, es un programa de libre distribución utilizado para el cálculo de enlaces microondas de larga distancia, utiliza datos digitales de elevación del terreno para generar un perfil del trayecto entre el emisor y el receptor, opera en un rango de frecuencias entre los 20MHz y los 20 GHz permitiendo la planificación de redes, línea de vista, entre otros, combinado con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que desean simularse.

A continuación se detallan los pasos desde la creación del mapa de trabajo hasta la obtención del perfil del enlace microondas.

---

<sup>31</sup> Radio Mobile. [en línea] [consultado 8 de mayo de 2012] Disponible en internet en : <http://www.cplus.org/rmw/>

En la figura 24, se ingresan las coordenadas geográficas de la RBS de Caloto teniendo en cuenta que esta estación de radio se encuentra posicionada casi en el centro de las otras RBS y de sedes de la IPS-I ACIN de la zona norte del departamento del Cauca, permitiendo la visualización de todos los puntos de la red en el mapa de trabajo.

**Figura 24. Creación del mapa de trabajo**

Propiedades de ..\prueba.map

**Centro**  
 03°02'11.7"N 076°24'46.3"O  
 FJ13TA  
 Latitud: 3,036582 Longitud: -76,41286  
 Usar posición del cursor  
 Mapa del mundo  
 Seleccionar un nombre de ciudad  
 Ingresar LAT LON o QRA  
 Seleccionar una unidad

**Tamaño (píxel)**  
 Ancho(píxeles): 1500 Alto (píxeles): 1000  
**Tamaño (km)**  
 Ancho(km): 150,00 Alto (km): 100,00

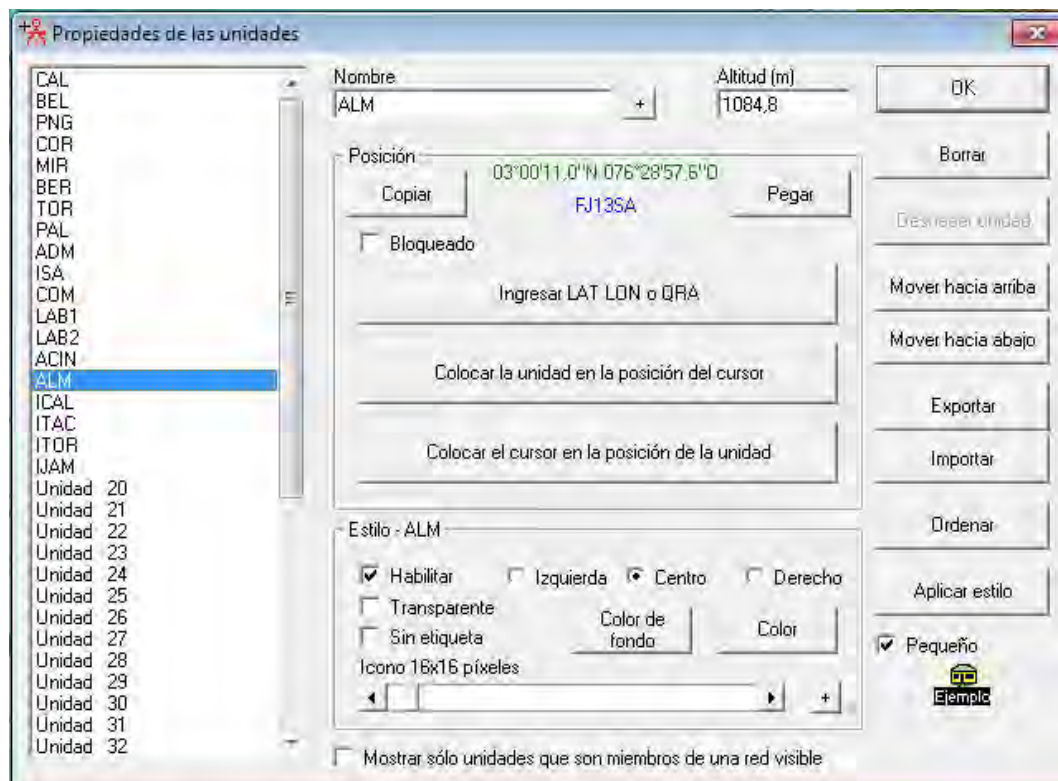
**Fuente de datos de altitud**  
 Disco o ubicación: SRTM, Capa superior: Buscar...  
 Ninguno, bile 130313\mdt\srtm1, Buscar...  
 Ninguno, ile 130313\mdt\srtthird, Buscar...  
 Ninguno, 30313\mdt\terraserver, Buscar...  
 Ninguno, 130313\mdt\toporama, Buscar...  
☒ Ignorar archivos perdidos  
 Inicializar la matriz con altitud (m): 0

Superior izquierda: 03°29'11"N 077°05'19"O  
 Superior derecha: 03°29'11"N 075°44'13"O  
 Inferior izquierda: 02°35'12"N 077°05'19"O  
 Inferior derecha: 02°35'12"N 075°44'13"O  
 Resolución: 100.0 m/pixel 3.24 arcsecond

Extraer  
 Cancelar

A continuación se muestra en la figura 25, la forma adecuada de posicionar las estaciones de radio y las sedes de la IPS-I ACIN en el mapa creado anteriormente, este posicionamiento se realiza introduciendo las coordenadas geográficas que se encuentran en los cuadros 4 y 5 obtenidos en el reconocimiento geográfico de la zona.

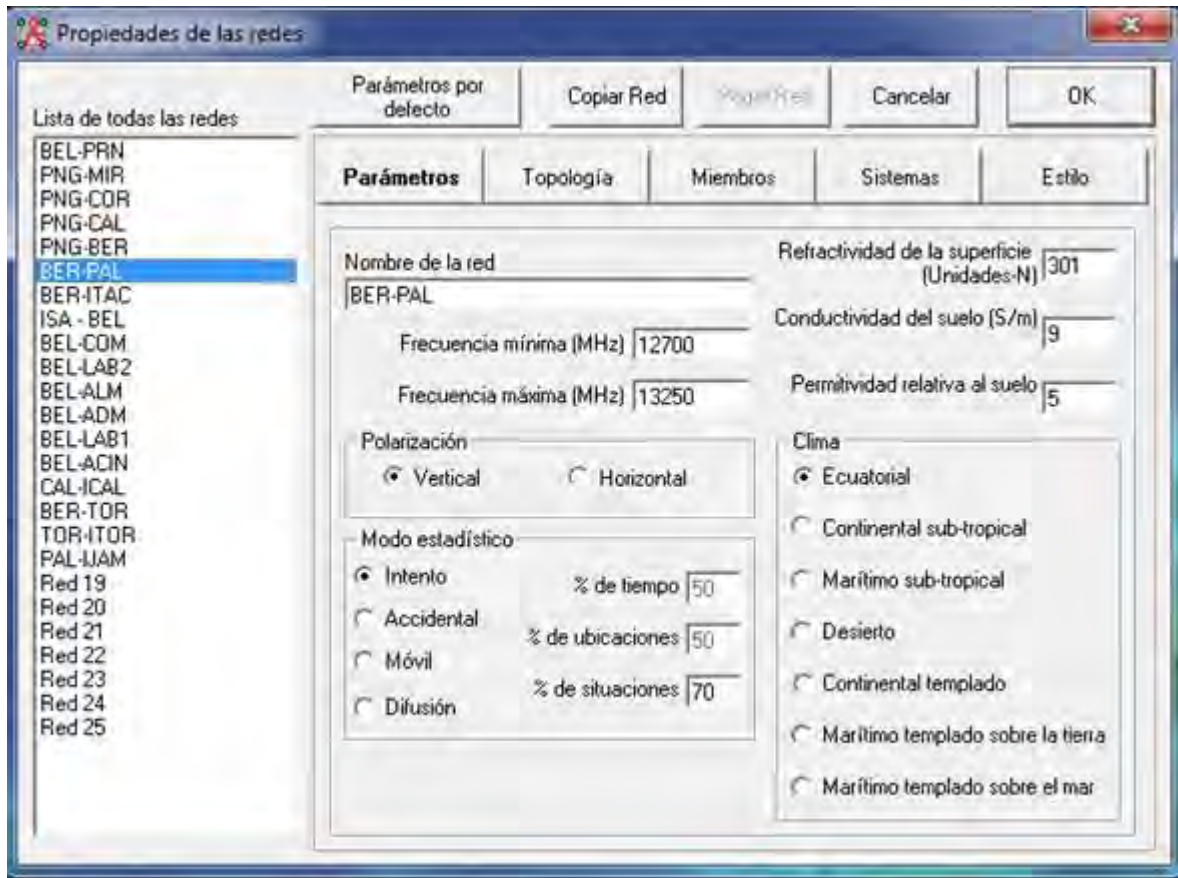
**Figura 25. Posicionamiento geográfico de las RBS y sedes de la IPS-I ACIN**



La figura 26 hace referencia a las frecuencias de trabajo, las características eléctricas de suelo, el clima, la polarización de las antenas y el modo estadístico.

A continuación se describe la forma en que se ingresaron los parámetros para crear la red entre los cerros Berlín (BER) y Paletón (PAL) en los siguientes puntos:

**Figura 26. Parametrización de la red de las estaciones de radio**



- Frecuencia mínima y máxima: Es la frecuencia de operación de los equipos encontrados con el software de Andrew, siguiendo nuestro ejemplo y de acuerdo a la figura 21, se ingresan los valores de la frecuencia; el programa por defecto trabaja con la frecuencia media.
- Polarización: Para el presente diseño de los enlaces microondas se utiliza la polarización vertical ya que las ondas de radio sufren menor atenuación en la superficie terrestre que las que se trabajan en polarización horizontal.
- Modo estadístico: el modo seleccionado determina el significado de la fiabilidad de los valores usados, Intento, es el modo seleccionado para realizar las simulaciones de los enlaces microondas porque este determina las transmisiones unicast entre estaciones fijas.

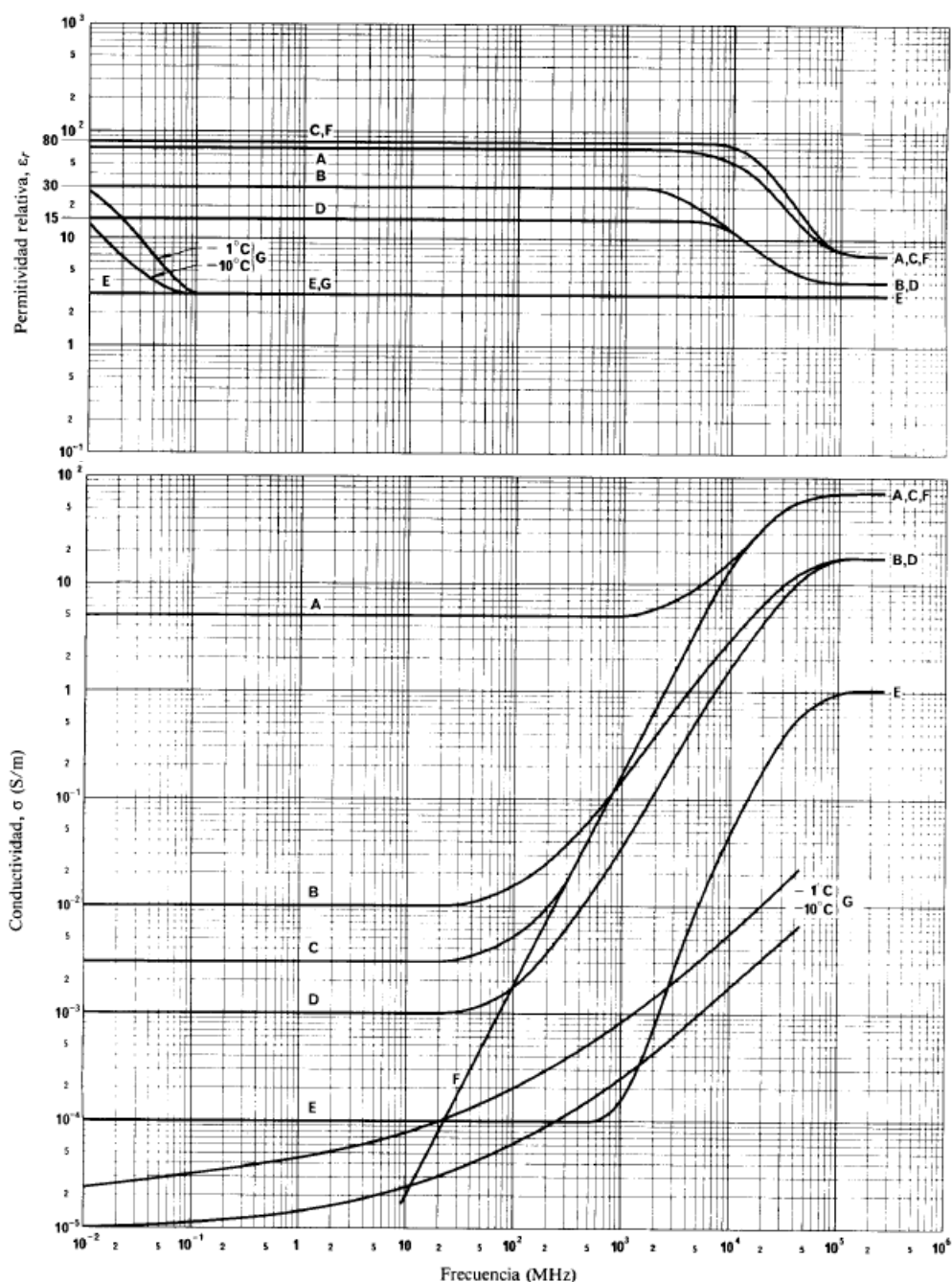
- % de situaciones: es el porcentaje de condiciones anómalas, variables entre el 0.1% y el 99.9% para controlar lo mucho o poco que se quiere que afecte la propagación de las ondas.
- Clima: el clima ecuatorial es un subtipo de clima tropical, se localiza en la mayoría de los países que bordean el ecuador, como américa del sur.
- Refractividad de la superficie (unidades N): Una curvatura efectiva de la tierra de 4/3 corresponde a una refractividad de superficie de 301 unidades, valor que se utilizara por defecto en las simulaciones de los enlaces microondas.
- Tipo de suelo: Corresponde a la recomendación UIT-R P.527-3, para este diseño se cuenta con suelo B o suelo húmedo y suelo D o suelo moderadamente seco.
- Conductividad del suelo(S/m) y Permitividad relativa al suelo: Estos valores depende del tipo de terreno y la frecuencia de trabajo, para obtener los datos del cuadro 10 se utiliza la figura 27 obtenidas en la recomendación UIT-R P.527-3.

**Cuadro 10. Características eléctricas de la superficie de la tierra**

RECOMENDACIÓN UIT-R P.527-3				
ENLACE	FRECUENCIA GHz	CONDUCTIVIDAD (S/m)	PERMITIVIDAD	TIPO SE SUELO
BEL-PNG	13	7	5	D
PNG-MIR	13	7	5	D
PNG-COR	15	10.25	4	D
PNG-CAL	15	10.25	4	D
PNG-BER	11	4	9	B
BER-ITAC	18	11.25	4	B
BER-PAL	13	9	5	B
URBANOS	5.8	0.8	15	D



**Figura 27. Permitividad relativa y conductividad en función de la frecuencia**

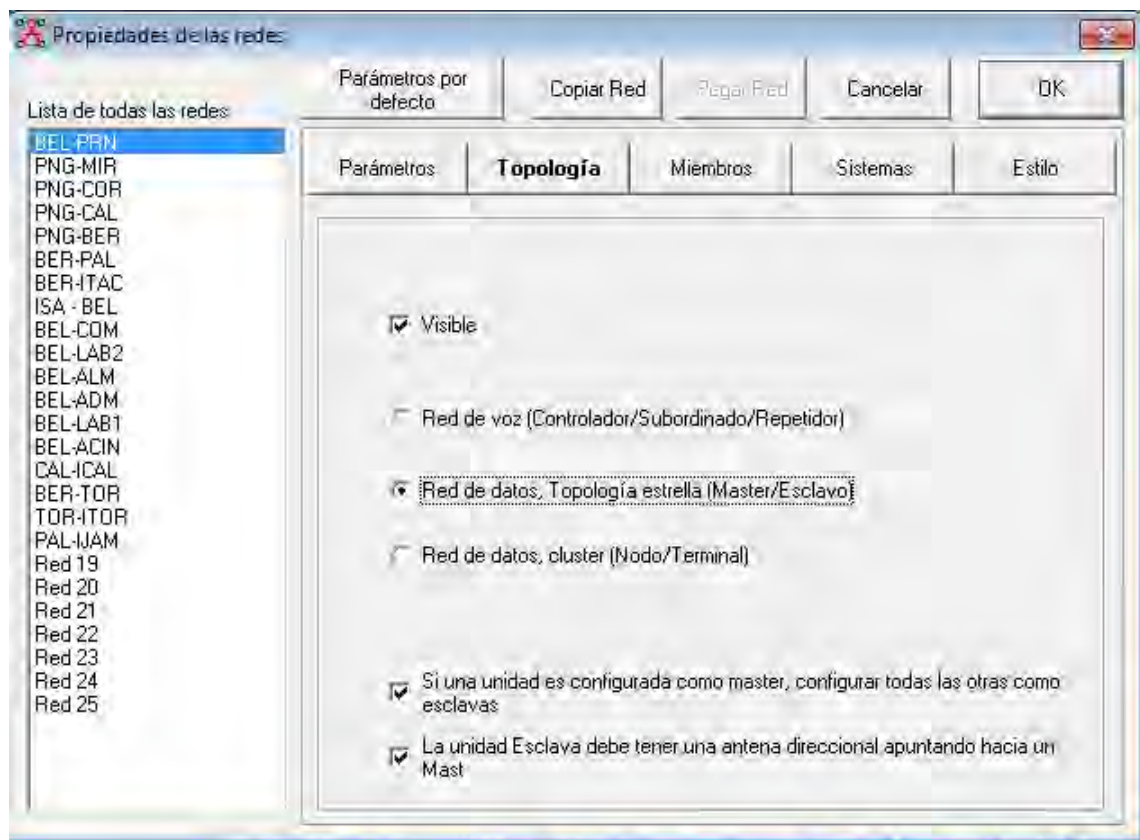


**FUENTE:** Recomendación UIT-R p.527-3. [en línea] [consultado 12 de abril de 2013] Disponible en internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.527-3-199203-I!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.527-3-199203-I!!PDF-S.pdf)



La figura 28 indica la topología de la red a utilizar, para este diseño se selecciona la topología en estrella, pues tiene la característica de que una estación maestra controla las estaciones esclavas.

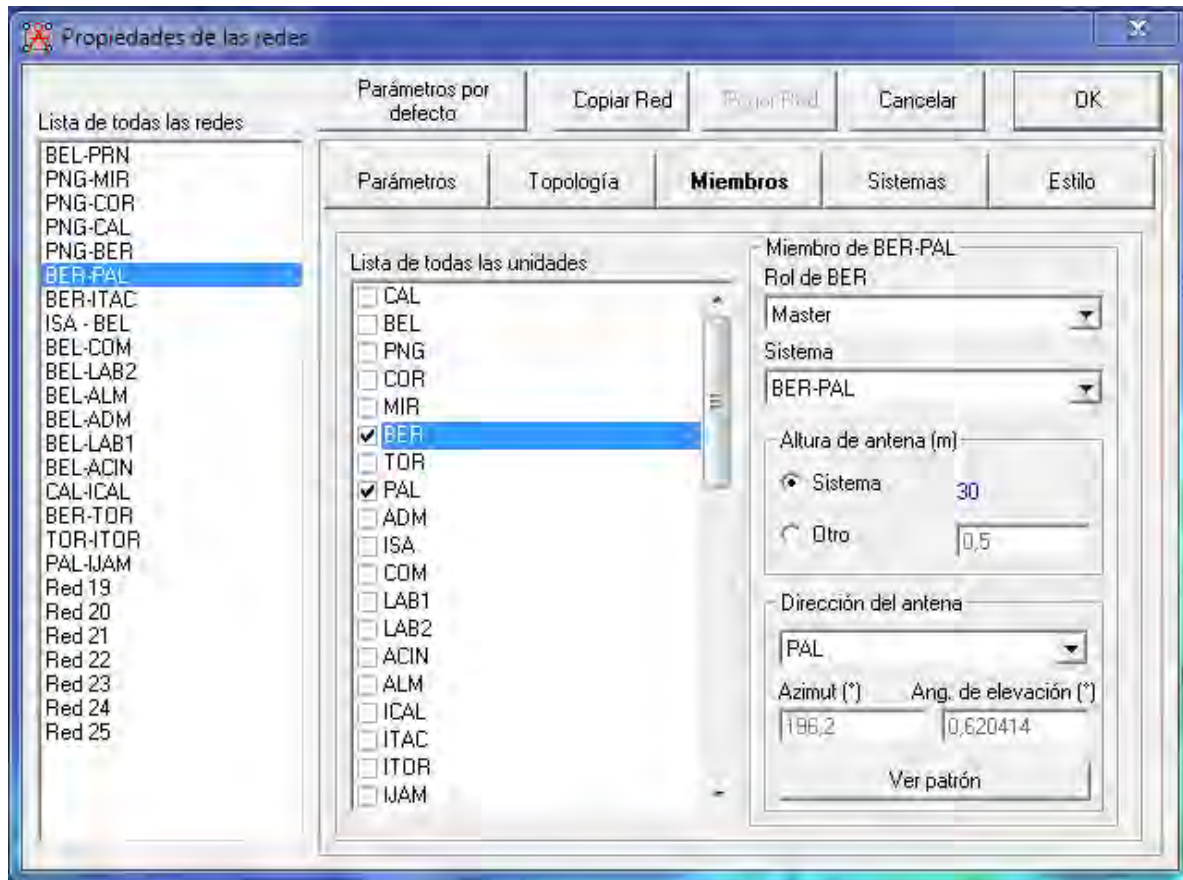
**Figura 28. Selección de la topología de la red**



Siguiendo con la configuración de las estaciones de radio de Berlín y Paletón, ahora configuramos la estación transmisora (BER) como maestro y la estación receptora (PAL) como esclavo, seleccionando la antena que indica en la figura 21 y realizando el direccionamiento o apuntamiento de las antenas entre estaciones.

La figura 29 muestra los miembros de la red de trabajo.

**Figura 29. Miembros de la red de trabajo**

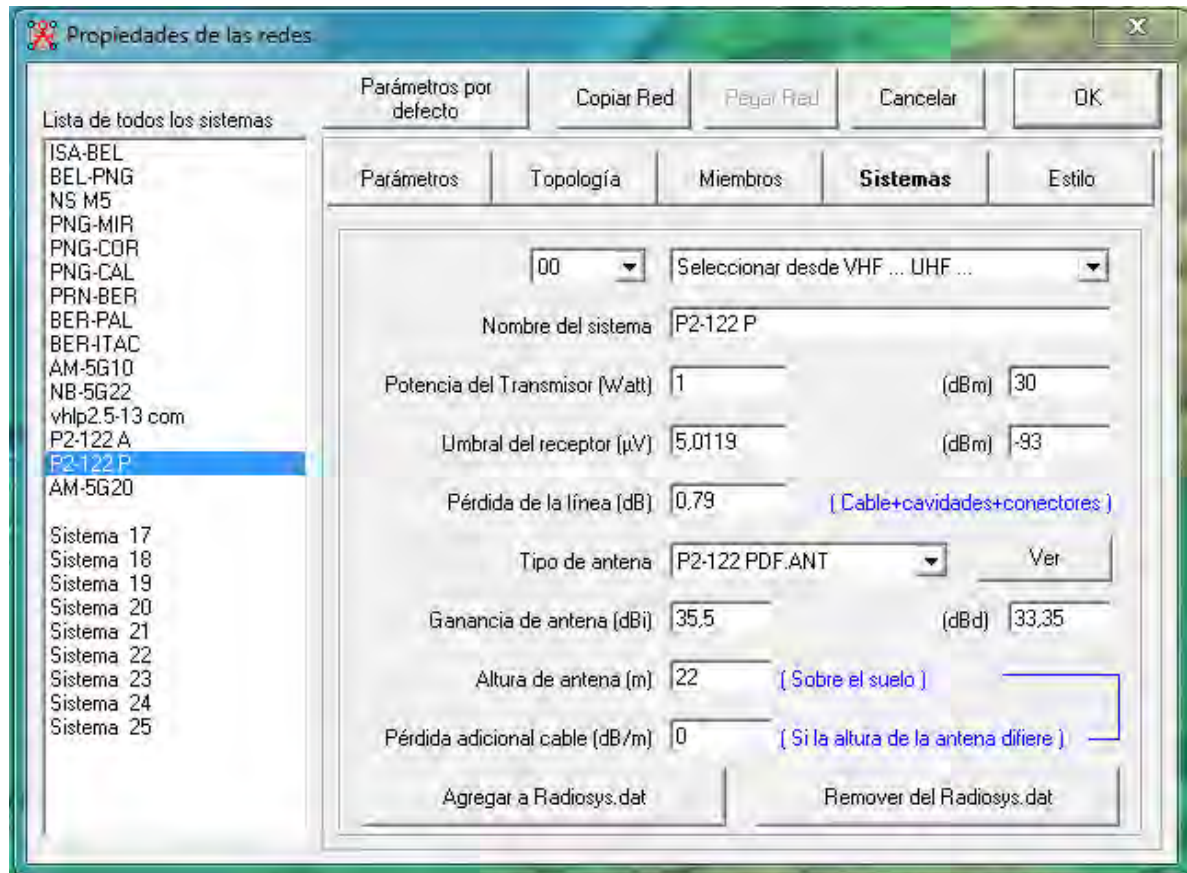


La figura 30 muestra cómo se almacenan las especificaciones encontradas en la figura 16, asociada a la antena utilizada (P2-122) en la simulación con el software de ANDREW; también se pueden vincular equipos de acuerdo a la hoja de especificaciones y se define para cada sistema la potencia de transmisión, umbral de recepción, pérdidas en las líneas, tipo, ganancia y altura de la antena y las pérdidas extras del cable.

Para cargar las antenas al software se debe crear un archivo .ant y guardarlo en la carpeta que viene por defecto, en este caso llamado "antenna". Para el caso de las antenas utilizadas en los enlaces de radio, Andrew permite copiar las características de cada antena de un formato PDF, estas características se copian a un archivo .txt y luego se pasan a un archivo .ant. tan solo cambiando su extensión

Para el caso de las antenas wireless, en la web se encuentran estos archivos, donde solo es copiarlos y pegarlos en la carpeta por defecto.

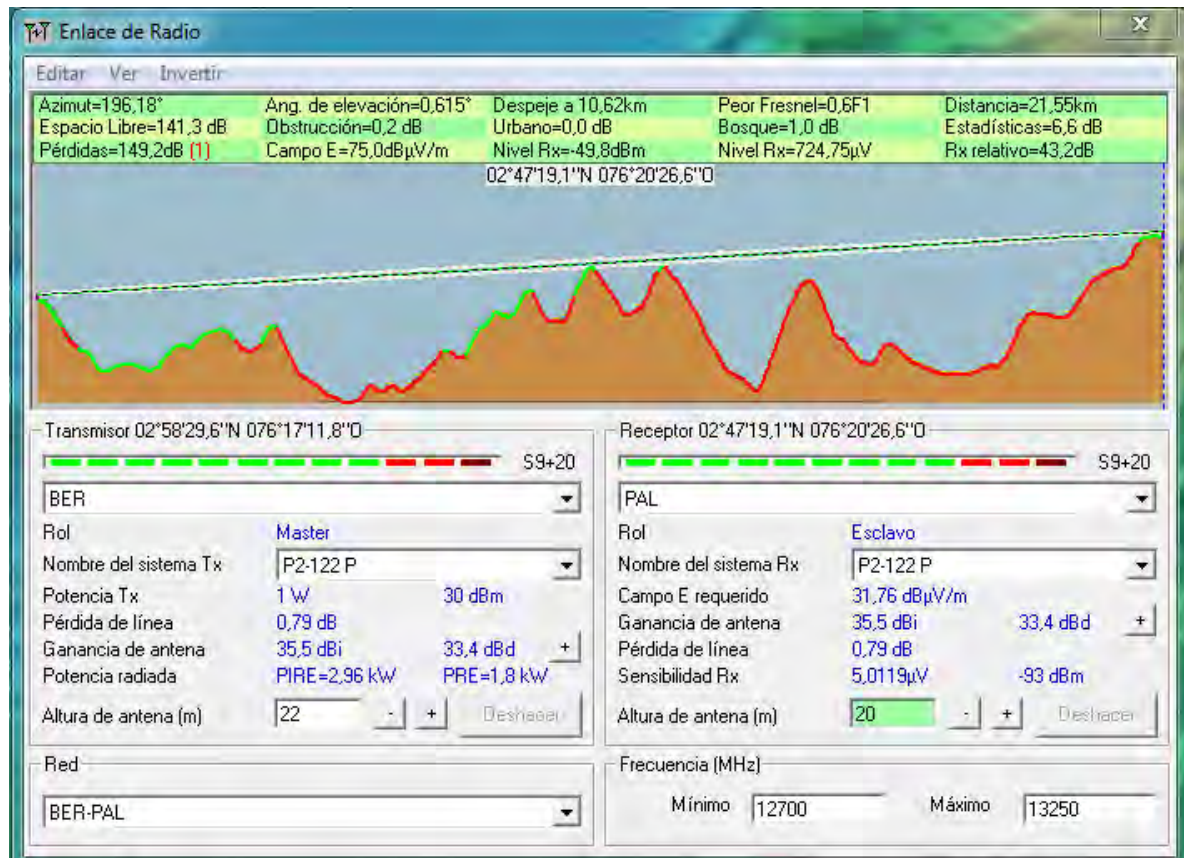
**Figura 30. Configuración de los equipos de radio**



En la figura 31 se presentan todos los resultados relativos al enlace microonda que se ha tomado como ejemplo.

En la parte superior muestra los resultados radio eléctricos de propagación: azimuth que es el ángulo de orientación respecto al norte verdadero de la antena situada desde el cerro de Berlín al cerro de Paletón (196.18°); ángulo de elevación correspondiente al ángulo de la antena de Tx (0.615°) requerido para establecer la comunicación con la antena de Rx; despeje a 10.62 Km peor ángulo de Fresnel para este trayecto (0.6F1); distancia del enlace (21.55 Km); perdidas en el espacio libre (141.1 dB).

**Figura 31. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) y Paletón (PAL)**



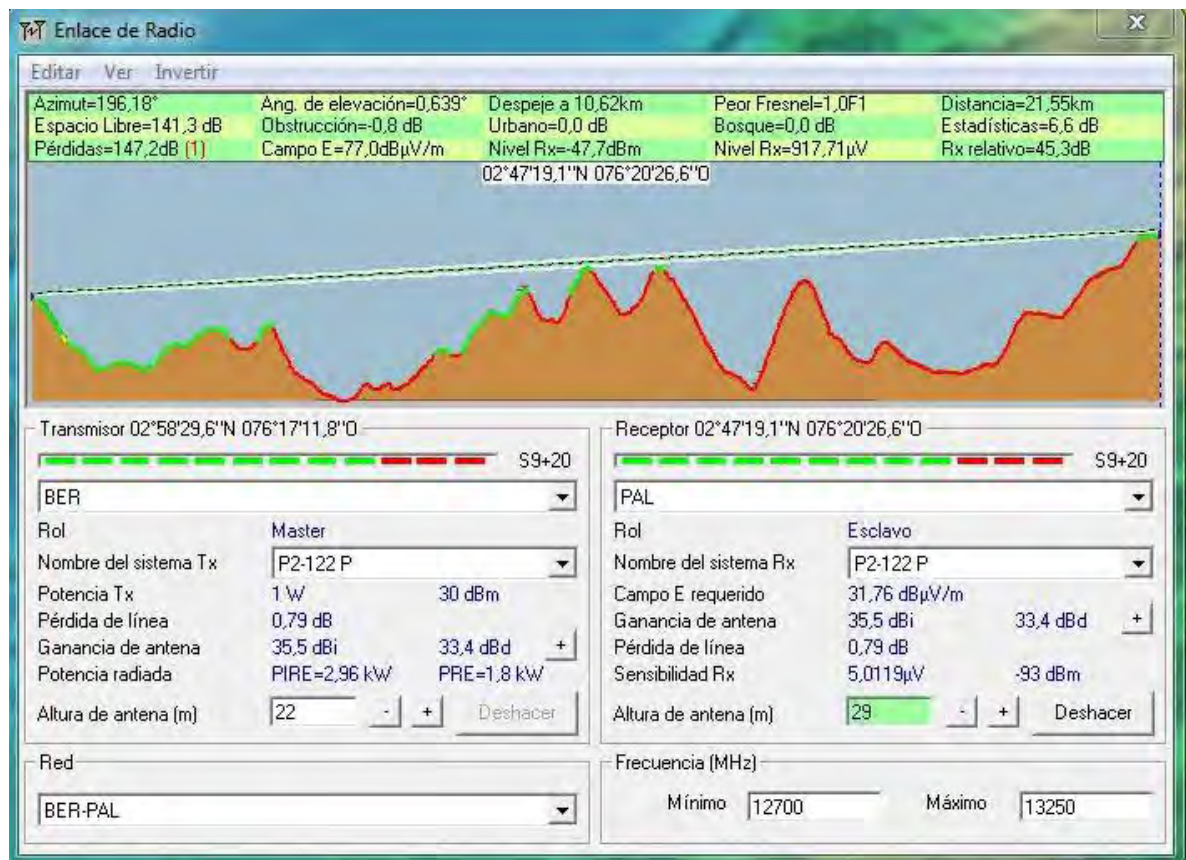
El nivel de señal relativo permite conocer el valor del margen respecto de la sensibilidad del receptor con que llega la potencia de la señal recibida. Para esta simulación el nivel de Rx es de - 49.8 dBm indicando que existe comunicación con el receptor.

Además se observa el perfil orográfico del enlace microondas; bajo este perfil se encuentra la configuración realizada en la figura 30, también se pueden modificar las alturas de las antenas, así como la frecuencia para comprobar el efecto de la variación de estos parámetros sobre el enlace.

En la figura 32 se modifica la altura de la antena receptora comprobando que el nivel de Rx y el nivel de Rx relativo se han incrementado y las pérdidas han disminuido, lo cual garantiza un enlace microondas mejor al de la figura 31.

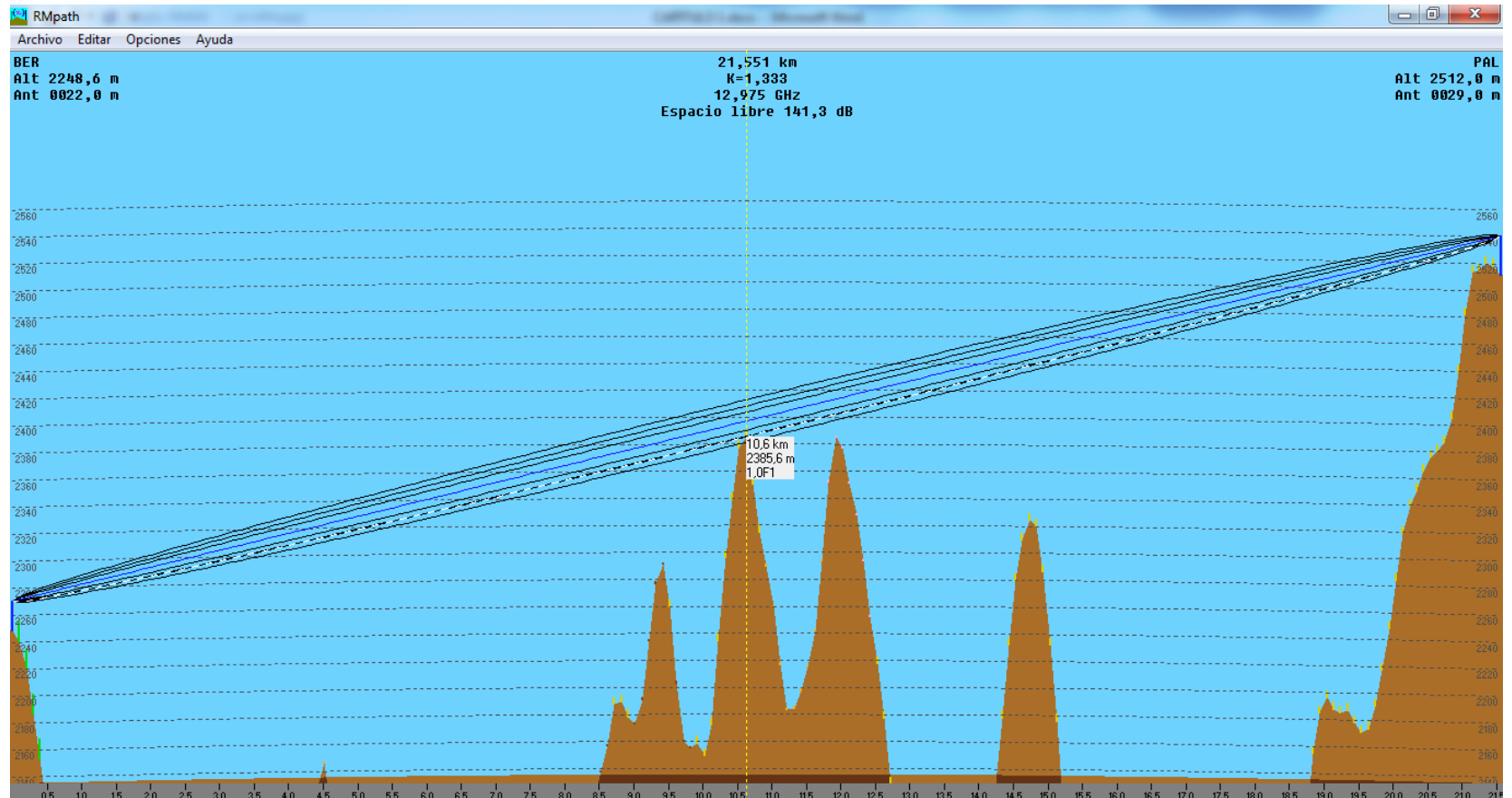


**Figura 32. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) y Paletón (PAL) incrementando la altura de la antena receptora**



La figura 33, se obtiene al cargar la simulación de la figura 32 en RMpath que se encuentra en la pestaña de herramientas de Radio Mobile permitiendo observar que la primera zona de Fresnel se encuentra completamente libre de obstáculos por lo que no se presenta riesgo de difracción.

**Figura 33. Primera zona de Fresnel libre de obstáculos entre las estaciones de Berlín (BER) y paletón (PAL)**



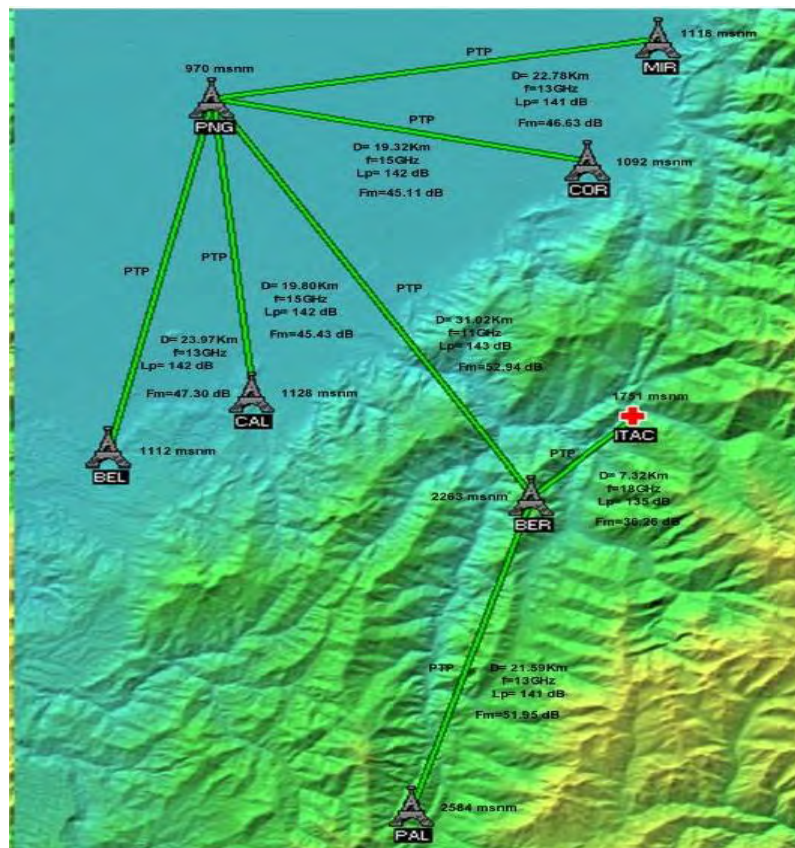
## 7.8 TOPOLOGIA DE LA RED TRONCAL.

Como se puede observar en la figura 34, existen 7 emplazamientos de la red troncal, por la que se transmitirán las señales microondas y permitirán llevar los servicios de voz, datos e internet hacia las sedes de la IPS-I ACIN, ubicadas en los municipios de Santander de Quilichao, Miranda, Corinto, Caloto, Toribio y Jambaló de la zona Norte del Departamento del Cauca.

Esta figura 34 también nos muestra el consolidado de los valores de las pérdidas ( $F_m$  y  $L_p$ ); la distancia entre RBS; la frecuencia y altura donde se instalarán las torres, lo que permitirá comprender la estructura de la red.

Estos emplazamientos que conforman la red troncal estarán conectados a través de enlaces microondas punto a punto (PtP), configurados en el software de simulación de enlaces microondas.

**Figura 34. Topología de la red troncal creado con Radio Mobile**





## 8 DISEÑO DE ENLACES WIRELESS

El diseño wireless se incluye en el presente trabajo a razón de que con él se lograran conectar las sedes que se encuentran en el área urbana de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo.

### 8.1 DISTANCIAS ENTRE RBS Y PUNTOS DE LA RED

Las sedes descritas en el anteproyecto fueron 8, pero debido al impacto positivo que genero este proyecto en la administración general e igualmente al proceso de crecimiento de la IPS-I ACIN, ha surgido la necesidad e importancia de incluir nuevas sedes en la zona urbana de Santander de Quilichao: Administración , ACIN, Comercializadora, Laboratorio Clínico y Laboratorio de Plantas Medicinales, almacén, tal como se muestra en la figura 35 y en el cuadro 11 se establecen sus distancias respecto al cerro de belén, punto estratégico para la conexión de la sedes.

**Figura 35. Puntos de red del área urbana de Santander de Quilichao, Cauca**





**Cuadro 11. Distancias área urbana de Santander de Quilichao, Cauca**

DISTANCIAS AREA URBANA SANTANDER DE QUILICHAO		
PUNTO 1	PUNTO 2	DISTANCIA
ISA	BEL	0.64 Km
BEL	COM	0.73 Km
BEL	ADM	0.57Km
BEL	ALM	0.54Km
BEL	LAB2	0.53Km
BEL	ACIN	0.65 Km
BEL	LAB1	1.02 Km

Las imágenes de los puestos de salud de las áreas urbanas de los municipios de Caloto, Toribio y Jambalo no fue posible encontrarlas con el detalle topográfico visualizado en el municipio de Santander de Quilichao.

En el cuadro 12, se encuentran las distancias entre RBS y puestos de salud de la zona norte del Departamento del Cauca.

**Cuadro 12. Distancias áreas urbanas de la zona norte del departamento del Cauca**

DISTANCIAS AREA RURAL ZONA NORTE DEL CAUCA		
PUNTO 1	PUNTO 2	DISTANCIA
CAL	ICAL	0.68Km
BER	TOR	2.93 Km
TOR	ITOR	0.53Km
PAL	IJAM	2.01 Km

## **8.2 FRECUENCIA**

Para los enlaces de corta distancia ubicados en las zonas urbanas de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo se utilizará la frecuencia de 5.8 GHz. de uso libre para Colombia según la resolución 689 de 2004. Es deseable realizar un estudio del espectro electromagnético pero no fue posible por la carencia de analizadores de espectro.

## **8.3 TECNOLOGIA DE RADIO MIMO (MULTIPLE ENTRADA MULTIPLE SALIDA)**

Esta tecnología wireless para exteriores e interiores utiliza la integración de varias antenas para transmisión y recepción de enlaces wireless, compatibles con el estándar IEEE 802.11b/g/n en 5.8 GHz, representa uno de los avances tecnológicos que permiten transmitir mayor cantidad de información, lo más lejos posible incrementando la velocidad de transmisión sin aumentar la potencia transmitida ni el ancho de banda utilizado con la mejor calidad a un menor costo. Esta tecnología se encuentra integrada en los equipos de Ubiquiti Networks. Para efectos de simulación de este diseño se utilizarán antenas sectoriales y direccionales que permitirán establecer la comunicación en las estaciones de radio y sedes de la ACIN del área urbana en los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo.

## **8.4 SIMULACIÓN DE ENLACES WIRELESS.**

Para el diseño de enlaces Wireless, se toma como modelo de referencia el emplazamiento entre la IPS-I de Santander de Quilichao (ISA) y el cerro de Belén (BEL). Emplazamientos Wireless se encuentran en el anexo G donde se podrán ver las figuras de los perfiles obtenidos con Radio Mobile de las zonas urbanas de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo.

- Simulación de enlaces urbanos con Outdoor Wireless Link Calculator de Ubiquiti Networks.<sup>32</sup>

La figura 36 hasta la figura 41 que se presentan a continuación, muestran la manera cómo se configuran las estaciones transmisoras y receptoras, pasando por la selección del radio, altura de la torre, nivel del ruido en el receptor, su posicionamiento geográfico; que se logran ingresando las coordenadas del cuadro 4, en el cuadro 5. Solo se tendrá en cuenta las coordenadas de las estaciones de radio ubicadas en los municipios antes mencionados.

**Figura 36. Configuración del equipo transmisor ubicado en la IPS-I ACIN de Santander de Quilichao (ISA)**



The screenshot displays the 'Outdoor Wireless Link Calculator' interface by Ubiquiti Networks. The title bar reads 'Estación 1 de instalación'. Below the title, there are three tabs: 'Caracterización Equipo', 'Ubicación', and 'Medio ambiente'. The 'Caracterización Equipo' tab is active. The interface features a 'NanoBridge M' logo with a satellite dish icon. The configuration fields are as follows:

- Nombre de la estación: Station 1
- Banda de frecuencia: 5.8 GHz
- Radio del dispositivo: NanoBridge M5-22
- Altura de la torre: 10.00 m
- Antena: Interno
- Antena Max Gain: 22.0
- Misc. Pérdida: 0.0
- RX Nivel de ruido: Medio (10 dB)

<sup>32</sup> OUTDOOR WIRELESS LINK CALCULATOR. [en línea] [consultado 16 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.ubnt.com/airlink/>

Este software de Ubiquiti Networks, tiene en cuenta el tipo de clima y la tasa de precipitaciones típicas en mm/hh, dato que se obtiene del mapa de la figura 107 incluida en el anexo G, una vez configurado las estaciones de radio, se obtiene como resultado el perfil del radio enlace que se puede observar en la figura 41, dato que se compara con el resultado obtenido en la simulación con Radio Mobile, ver figura 42.

Además se selecciona un nivel de ruido medio para simular un sistema en condiciones particulares de trabajo y poder demostrar que el enlace wireless cumple con criterios de rendimiento al momento de su implementación.

**Figura 37. Posición geográfica del equipo transmisor ubicado en la IPS-I ACIN de Santander de Quilichao (ISA)**

The image shows the 'Outdoor Wireless Link Calculator' interface by Ubiquiti Networks. The title bar includes the Ubiquiti logo and the text 'Outdoor Wireless Link Calculator'. Below the title bar, there is a section titled 'Estación 1 de instalación'. Under this section, there are three tabs: 'Caracterización Equipo', 'Ubicación', and 'Medio ambiente'. The 'Ubicación' tab is selected. Inside the 'Ubicación' tab, there is a button labeled 'Center map on this station'. Below this button, there is a label 'Especifique por:' followed by two radio buttons: 'Dirección' (unselected) and 'Latitud / Longitud' (selected). Below the radio buttons, there are four input fields arranged in two rows. The first row contains 'Latitud:' followed by a text box with '3.003722' and another text box with '3 0'13.400" N'. The second row contains 'Longitud:' followed by a text box with '-76.483547' and another text box with '76 29'0.770" W'.

Estación 1 de instalación	
Caracterización Equipo   Ubicación   Medio ambiente	
Center map on this station	
Especifique por: <input type="radio"/> Dirección <input checked="" type="radio"/> Latitud / Longitud	
Latitud:	3.003722
	3 0'13.400" N
Longitud:	-76.483547
	76 29'0.770" W

**Figura 38. Clima y precipitaciones del municipio de Santander de Quilichao**



UBIQUITI NETWORKS Outdoor Wireless Link Calculator

Estación 1 de instalación

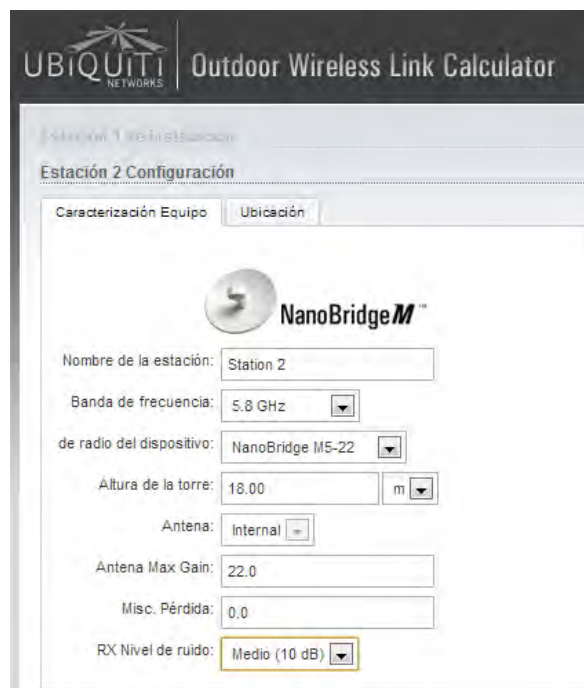
Caracterización Equipo Ubicación Medio ambiente

Tipo Clima: Templado

Rainfall Rate: 0,22

Configurar la estación siguiente →

**Figura 39. Configuración del equipo receptor ubicado en cerro de Belén (BEL) del municipio de Santander de Quilichao**



UBIQUITI NETWORKS Outdoor Wireless Link Calculator

Estación 1 de instalación

Estación 2 Configuración

Caracterización Equipo Ubicación

NanoBridge<sup>M</sup>

Nombre de la estación: Station 2

Banda de frecuencia: 5.8 GHz

de radio del dispositivo: NanoBridge M5-22

Altura de la torre: 18.00 m

Antena: Internal

Antena Max Gain: 22.0

Misc. Pérdida: 0.0

RX Nivel de ruido: Medio (10 dB)

**Figura 40. Posición geográfica del receptor ubicado en cerro de Belén (BEL) del municipio de Santander de Quilichao**

The image shows a web-based interface for the Ubiquiti Outdoor Wireless Link Calculator. The header features the Ubiquiti Networks logo and the title "Outdoor Wireless Link Calculator". Below the header, there are two tabs: "Estación 1 de resolución" and "Estación 2 Configuración". The "Estación 2 Configuración" tab is active, and a "configurar" link is visible. Under this tab, there are two sub-tabs: "Caracterización Equipo" and "Ubicación". The "Ubicación" sub-tab is selected. Inside the "Ubicación" sub-tab, there is a button labeled "Center map on this station". Below this button, there are two radio buttons for "Especifique por:": "Dirección" (unselected) and "Latitud / Longitud" (selected). Under the "Latitud / Longitud" option, there are four input fields: "Latitud:" with the value "3.003522", a field showing "3 0'12.680\" N", "Longitud:" with the value "-76.477822", and a field showing "76 28'40.160\" W".

UBIQUITI NETWORKS Outdoor Wireless Link Calculator

Estación 1 de resolución

Estación 2 Configuración [configurar](#)

Caracterización Equipo Ubicación

Center map on this station

Especifique por: ☐ Dirección ☒ Latitud / Longitud

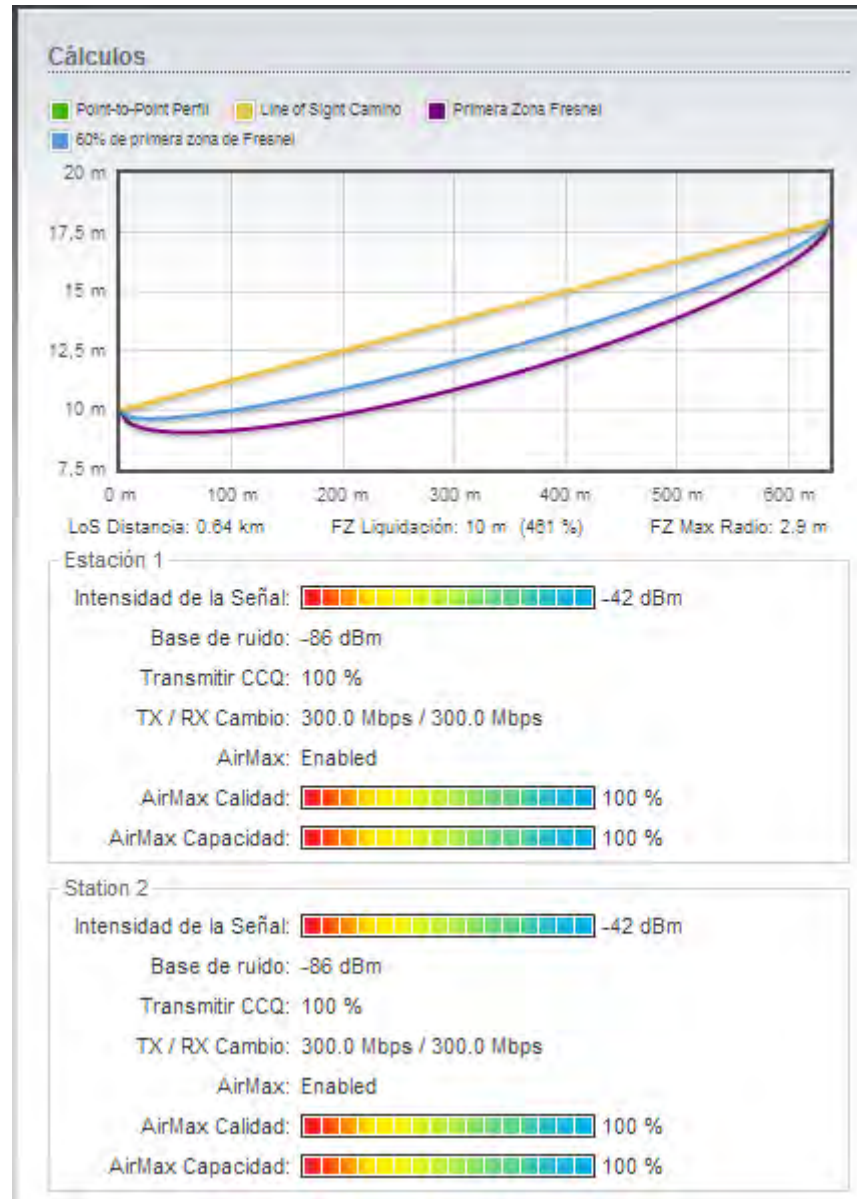
Latitud: 3.003522

3 0'12.680" N

Longitud: -76.477822

76 28'40.160" W

**Figura 41. Perfil del enlace wireless entre IPS-I Santander (ISA) y el cerro Belén (BEL) ubicados en el municipio de Santander de Quilichao**

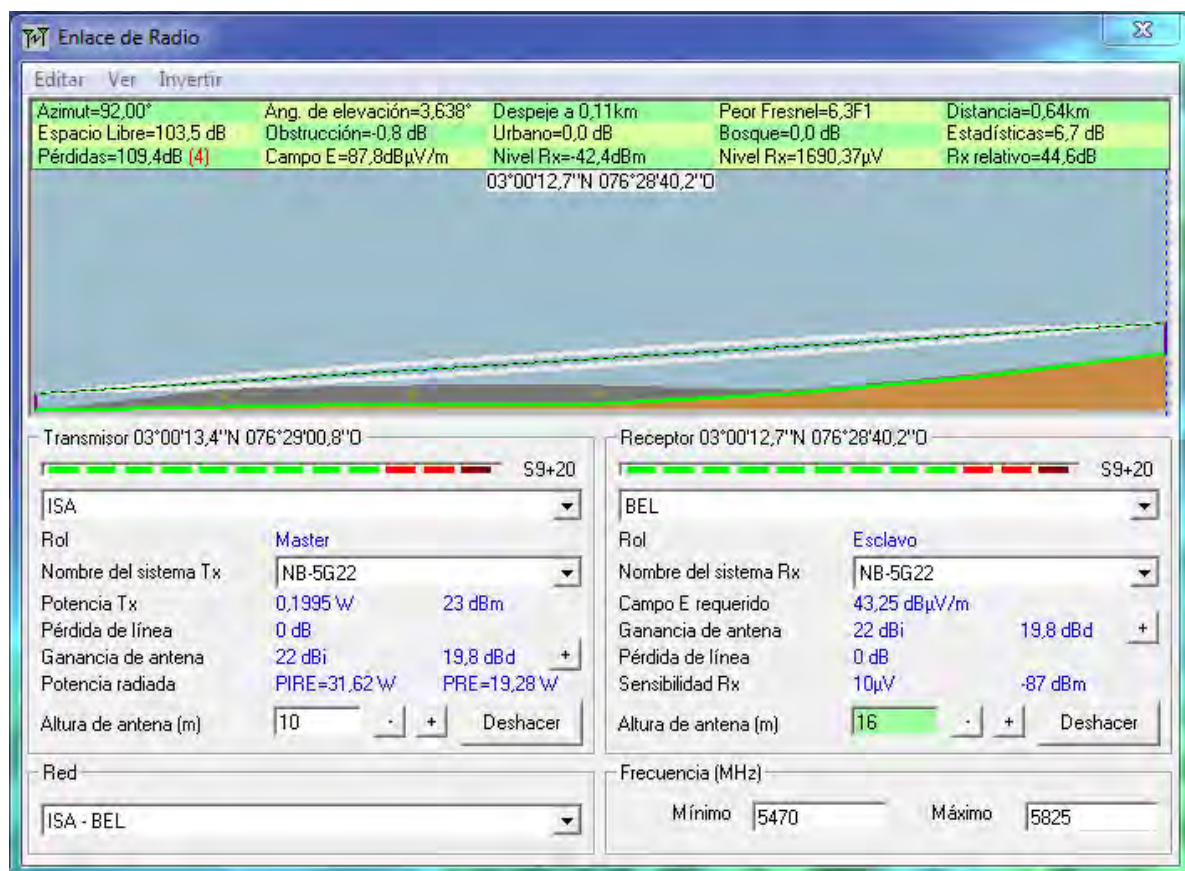


Como se puede observar en la figura 41 la intensidad de la señal es lo suficientemente buena para establecer una comunicación entre estos dos puntos de la red. Ahora se comprobara este resultado con la simulación de Radio Mobile,



teniendo en cuenta la hoja de características del equipo NanoBridge M5-22<sup>33</sup> utilizado para este enlace. Comparando la figura 41 y 42 podemos observar que el nivel de señal del receptor es igual, por lo tanto el enlace punto a punto (PtP) es completamente confiable.

**Figura 42. Perfil del enlace wireless entre IPS-I Santander (ISA) y el cerro Belén (BEL) ubicados en el municipio de Santander de Quilichao utilizando Radio Mobile**



Las sedes que se conectan con la estación de Belén, ver cuadro 12, no es posible simularlas con LINK CALCULATOR DE UBIQUITI NETWORKS, porque en este

<sup>33</sup>NanoBridge M. [en línea] [consultado 09 de mayo de 2013] Disponible en internet: [http://dl.ubnt.com/datasheets/nanobridgem/nbm\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/nanobridgem/nbm_ds_web.pdf)



cerro se deberán instalar dos antenas sectoriales AM-5G20-90<sup>34</sup> con un radio ROCKET M5<sup>35</sup> y este software no vincula dicha antena, por lo tanto se realizan las simulaciones restantes de la zona urbana de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo con Radio Mobile, sus perfiles se podrán observar en el anexo G.

## **8.5 TOPOLOGIA DE LA RED URBANA UTILIZANDO LINK PLANNER DE MOTOROLA**

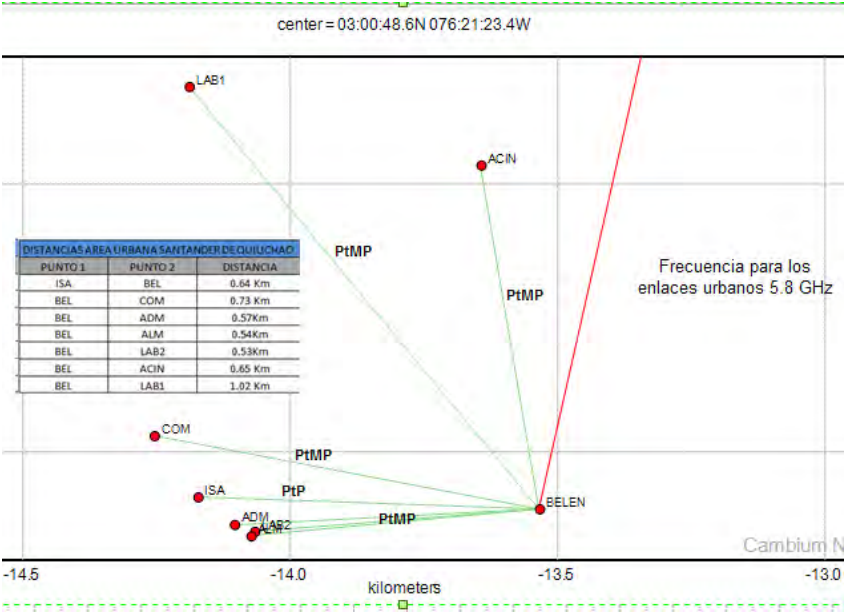
Este software de simulación de enlaces de radio se utilizara para la creacion de las topologias de la red de las zonas urbanas de los municipios de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo, pues con los software utilizados anteriormente no fue posible realizar una topologia con las medidas de las distancias entre emplazamientos adecuadas, pues no permitian realizar un zoom a dichas topologias. Las figuras 43, 44, 45 y 46 muestran el tipo de enlace utilizado con sus respectivas distancias.

---

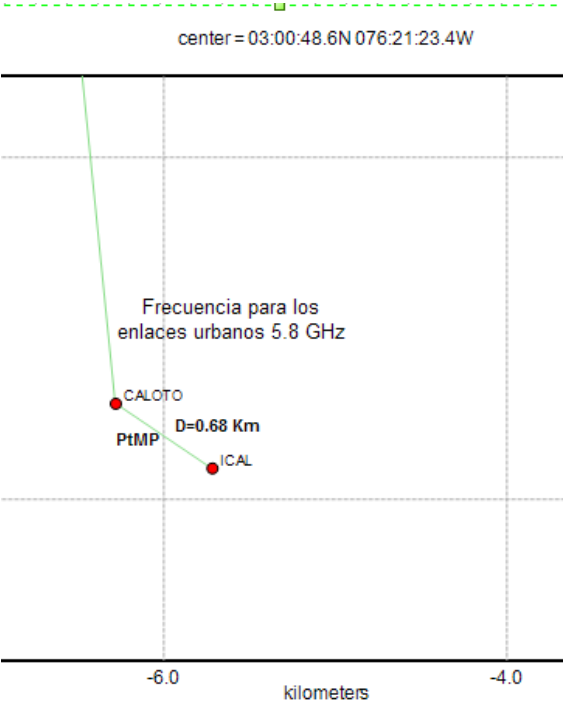
<sup>34</sup> Airmax 5 GHz 2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna Model: AM-5G20-90.[en línea] [consultado 20 de mayo de 2013] Disponible en internet: [http://www.intellcom.net/files\\_quick\\_start\\_guide/pdf/52/Sector\\_Antenna\\_Am\\_5G20\\_90.pdf](http://www.intellcom.net/files_quick_start_guide/pdf/52/Sector_Antenna_Am_5G20_90.pdf)

<sup>35</sup> ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation.[en línea] [consultado 08 de abril de 2013] Disponible en internet: [http://dl.ubnt.com/rocketM5\\_DS.pdf](http://dl.ubnt.com/rocketM5_DS.pdf)

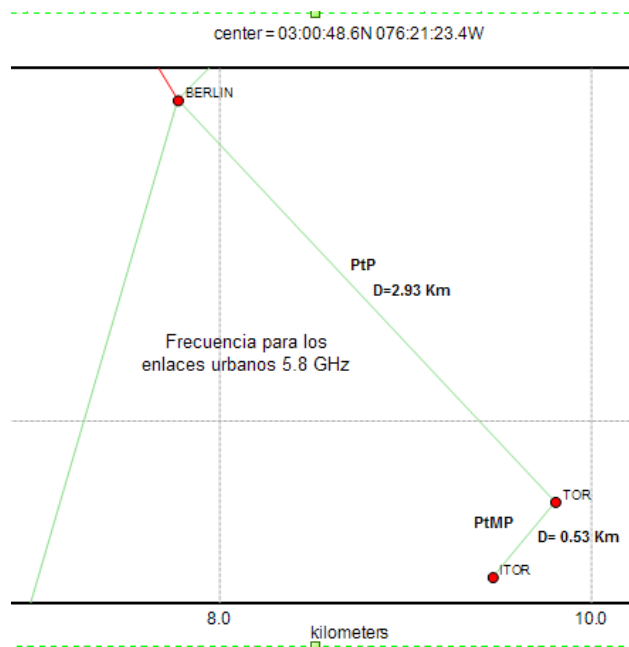
**Figura 43. Topología de la red urbana del municipio de Santander de Quilichao**



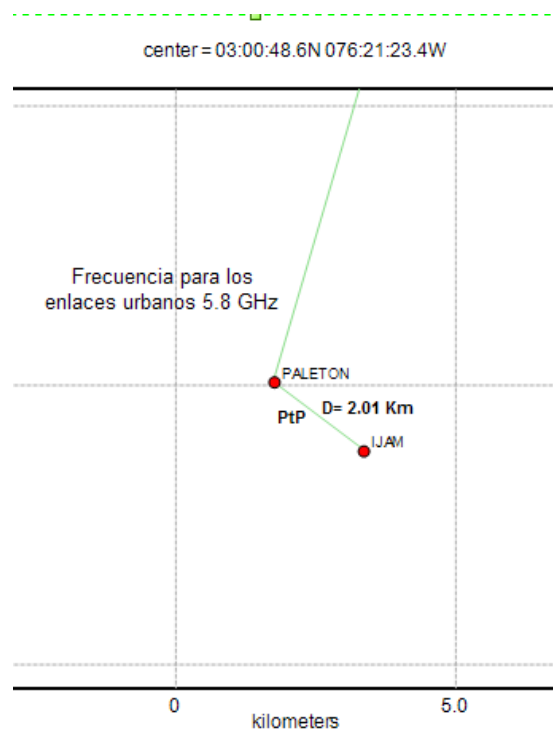
**Figura 44. Topología de la red urbana del municipio de Caloto**



**Figura 45. Topología de la red urbana del municipio de Toribio**



**Figura 46. Topología de la red urbana del municipio de Jambalo**



## 9. PROPUESTA PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE VOZ, DATOS E INTERNET PARA LAS SEDES DE LA ACIN

Aportar a la situación actual en telecomunicaciones de la ACIN ha implicado realizar un proceso de análisis de cada una de las condiciones que requieren ser mejoradas en cuanto a infraestructura y avance tecnológico para así llegar a niveles óptimos de comunicación de los servicios de voz, datos e internet.

Por ello se ha realizado el análisis del tráfico de la telefonía análoga que actualmente tienen algunas sedes de la ACIN. Así mismo se ha analizado el consumo de ancho de banda requerido en cada una de las sedes y la problemática que existe en el control y manejo eficiente de la comunicación de la información en los diversos procesos clínicos y administrativos.

Para cada una de las necesidades evaluadas se ha definido una posible solución mediante la implementación de nuevos servicios de voz, datos e internet.

### 9.1 ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA TELEFONÍA ANÁLOGA (ERLANGS) EN LAS SEDES DE LA ACIN

“La intensidad de tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un periodo particular de tiempo”<sup>36</sup>. Para obtener el tráfico en Erlangs se utiliza la siguiente formula:

$$Erlang = \frac{\text{Número de llamadas} * ACHT(seg.)}{3600} \quad (9-1)$$

Dónde:

*ACHT: Promedio de duración de cada llamada en segundos.*

*3600 Segundos: es igual a 1 Erlangs*

---

<sup>36</sup> Tráfico en telefonía.[en línea] [consultado 23 de febrero de 2013 ] Disponible en internet: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/garduno\\_a\\_f/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo1.pdf)

En el cuadro 13 se detalla el estudio realizado de la intensidad de tráfico durante una hora pico, con su respectivo promedio de llamadas (ACHT), para cada línea telefónica de las sedes de la IPS-I ACIN. Con este análisis podemos identificar que es necesario adquirir nuevas líneas análogas o servicios de telefonía digital para alcanzar mayor comunicación entre usuarios y funcionarios, brindando un servicio oportuno a los afiliados de la EPS AIC, que requiera separar sus citas telefónicamente.

**Cuadro 13. Cálculo de Erlangs**

SEDE	LINEAS TELEFONICAS	No DE LLAMADAS	PROM DE LLAMADAS (Seg)	ERLANGS
			ACHT	
IPS SANTANDER	8295484	21	170	0,991666667
ADMINISTRACION				
ALMACEN	8292679	20	178	0,988888889
LABORATORIO 2				
LABORATORIO 1	8291110	6	180	0,3
ACIN	8290958	20	172	0,955555556
	8292054	20	179	0,994444444
COMERCIALIZADORA	8293569	7	180	0,35
IPS CALOTO	8258385	10	150	0,416666667
IPS CORINTO	8271066	9	176	0,44
IPS MIRANDA	8476435	8	145	0,322222222
IPS TORIBIO	8498225	15	179	0,745833333

La tabla 3 permite analizar la cantidad de líneas telefónicas necesarias para garantizar el número de llamadas exitosas.

**Tabla 3. Número de líneas Vs probabilidad de bloqueo**

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N											
	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15

Fuente: Erlang B Traffic. [en línea] [consultado 18 de junio de 2013]. Disponible en internet: <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/erlang-table.pdf>

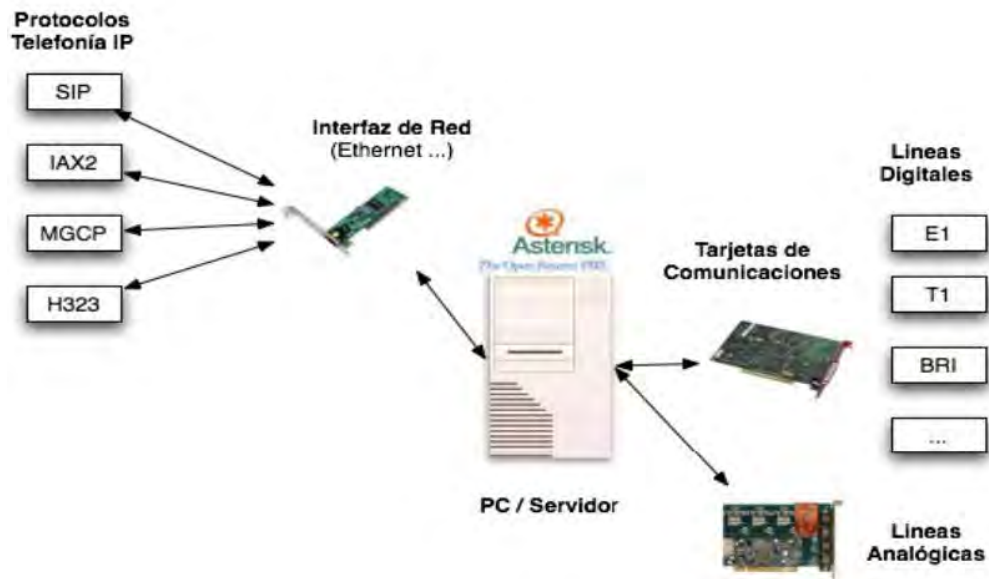
- **Propuesta de telefonía basada en Asterisk.**

Teniendo en cuenta el proceso evolutivo del sector de las telecomunicaciones de poder integrar todo tipo de servicios en una única plataforma o infraestructura de red IP, “ALL IP”, se presenta una solución de telefonía sobre redes IP que permitirá a la ACIN pasar de un modelo vertical (un proveedor para cada servicio requerido) a un modelo horizontal (infraestructura común para varios servicios), la cual permitirá reducir costos respecto a los modelos tradicionales y unificar los servicios con un solo ISP (proveedor de servicios de internet).

Asterisk es un sistema híbrido de comunicaciones basado en aplicaciones inteligentes de código abierto, permite la interoperabilidad con las líneas telefónicas análogas y la telefonía a través del protocolo IP, realiza las funciones de conmutación igual que una PBX<sup>37</sup>, adicionando nuevas funciones con tecnología de nueva generación.

<sup>37</sup> PBX: Private Branch Exchange, es una central telefónica que realiza una ramificación de la línea telefónica análoga primaria para que los usuarios puedan realizar y recibir llamadas desde su extensión telefónica

**Figura 47. Esquema conceptual**

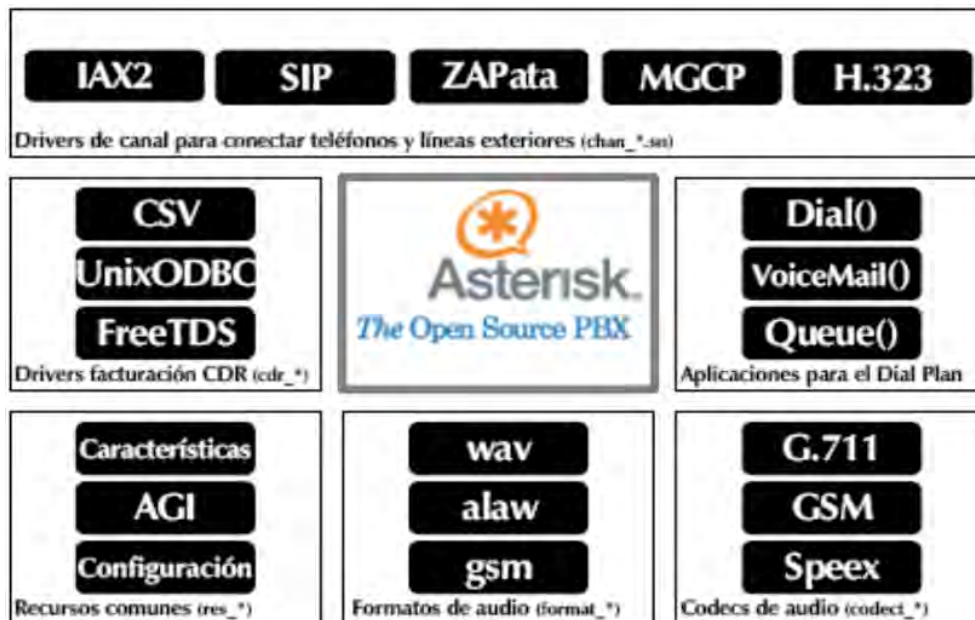


**Fuente:** DUNAYEVICH, Julián. Asterisk. [en línea] [consultado 10 de abril de 2013] Disponible en internet: <http://ws.edu.isoc.org/data/2008/3097019549281200ae4f5/03.asterisk-introduccion.pdf>

La figura 47 indica su esquema conceptual. Al servidor de telefonía se pueden integrar casi todos los estándares de la telefonía tradicional como las líneas analógicas y líneas digitales (E1/T1, RDSI...) a través de tarjetas de comunicaciones y soporta los protocolos de señalización de VoIP (SIP, IAX, MGCP, H.323) para el servicio de la transmisión de voz.

Como se puede observar en la figura 48, Asterisk cuenta con una arquitectura modular diseñada para una máxima flexibilidad, soporta y traduce diferentes protocolos de señalización de VoIP, cuenta con CDR (Call Detail Record) que permite llevar un registro de los pasos que ocurren en una llamada, el Dial Plane o plan de marcado, los audio Codec, son la forma en que se empaqueta la voz y determinan la calidad incluyendo el ancho de banda consumido por el audio, formatos de audio y los recursos comunes como AGI (Asterisk Gateway interface). AGI es una aplicación desarrollada por el programador que sirve para que Asterisk interactúe con el sistema Linux, pudiendo acceder a los archivos locales y puertos físicos entre otros.

**Figura 48. Arquitectura base**



**Fuente:** DUNAYEVICH, Julián. Asterisk. [en línea] [consultado 10 de abril de 2013] Disponible en internet: <http://ws.edu.isoc.org/data/2008/3097019549281200ae4f5/03.asterisk-introduccion.pdf>

- **Dimensionamiento del Servidor de Telefonía VoIP (Asterisk)**

Para poder dimensionar el servidor de VoIP se debe tener en cuenta la siguiente lista de inquietudes:

- ¿Qué tipo de Hardphone se va a utilizar (análogo, SIP, H.323 )?, Se propone un teléfono que soporte el protocolo de señalización SIP, ver apartado 10.1
- ¿Cuántos teléfonos se van a instalar? Inicialmente se requieren mínimo 65 teléfonos distribuidos en las sedes de la IPS-I ACIN, ver cuadro 16
- ¿Cuál es la cantidad de líneas telefónicas?. El cálculo Erlangs indica que se recibirán 135 llamadas internas y externas concurrentes en una hora pico, donde su valor total es de 6.47 Erlangs, ver cuadro 13, teniendo en cuenta la



tabla 3 se requieren 18 líneas telefónicas para garantizar el flujo llamadas exitosas, donde solo el 0.01% de estas llamadas serán no exitosas.

- ¿Cuál Codec se utilizara? Se utilizara el Codec G.711 por su buena calidad de voz ya que usa 64 Kbits/s, es decir un muestreo de 8 bits a 8 KHz, no requiere licencia aunque ocupe más ancho de banda. El G.729 comprime la voz sin deterioro significativo de la calidad, requiere una licencia por canal de voz y la calidad es menor que si se usa G.711

Se debe tener en cuenta que la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca, viene creciendo en infraestructura y personal por lo cual el servidor de telefonía IP debe ser escalable y estar acorde a estos requerimientos futuros, por tal motivo se propone un servidor DELL POWEREDGE 2950 SERVER<sup>38</sup>, que soportara 2000 extensiones y 1500 llamadas concurrentes según pruebas realizadas verificables en: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+dimensioning>.

#### • Troncal SIP

La troncal SIP es un servicio que ofrecen algunos proveedores de ITSP (Internet Telephony Service Provider) que permite a grandes, medianas y pequeñas empresas que tengan instalado un PBX IP utilizar los servicios de voz sobre IP (VoIP) entre dependencias y por fuera de la red local, a través de la conexión a internet.

Este servicio de telefonía digital se debe adaptar de acuerdo a las necesidades, infraestructura de comunicación y el crecimiento que día a día la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca viene presentando, las ITSP proveen líneas digitales SIP desde 10 canales que se podrán conectar al PBX IP (ASTERISK) para que los clientes, proveedores o usuarios se comuniquen a un solo número de acceso.

Al contratar la troncal SIP permitirá a las sedes de la IPS-I y ACIN obtener mayor flujo de llamadas y por ende una mayor comunicación entre funcionarios y usuarios a un menor costo.

---

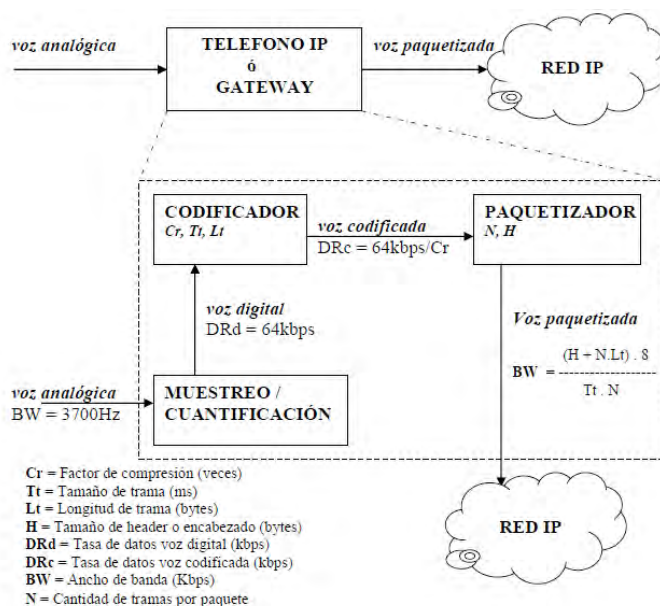
<sup>38</sup>DELL POWEREDGE 2950 SERVER. [en línea] [consultado 8 de abril de 2013] Disponible en internet: [http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/PE2950\\_SS\\_072007.pdf](http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/PE2950_SS_072007.pdf)

## 9.2 ANCHO DE BANDA NECESARIO PARA LOS SERVICIOS DE TELEFONÍA SOBRE REDES IP EN LAS SEDES DE LA ACIN

Las comunicaciones de voz sobre redes IP son un conjunto de productos de hardware y software que permiten utilizar el internet de banda ancha convirtiendo el computador como si fuera un teléfono tradicional, instalando un softphone en el celular o utilizando un teléfono IP físico. VoIP nace como reemplazo de la red pública telefónica conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) y ofrece una alternativa de bajo costo para los usuarios en llamadas telefónicas de larga distancia e internacionales, ofreciendo variedad de servicios.

En la figura 49 se muestra un diagrama en bloques del teléfono IP o Gateway que permite comprender su funcionamiento, llegando así a determinar el ancho de banda necesario para establecer una llamada telefónica en tiempo real. Este consta de tres bloques:

**Figura 49. Diagrama en bloque de un teléfono IP**



**Fuente:** GANZABAL, Julián María. Calculo de ancho de banda en VoIP. [en línea] [consultado 20 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.idris.com.ar/lairer/pdf/ART0001%20-%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf>

- **Bloque de muestreo y cuantificación:** Este bloque realiza la conversión analógica a digital realizando 8000 muestras por segundo con 8 bits por muestra, adecuado para la voz humana, dando como resultado una tasa de datos de entrada al codificador de 64kbps.
- **El bloque del codificador:** Existen cantidad de codificadores que parten de esta señal digital para codificar. Dependiendo del codificador que utilice los parámetros Cr, Tt y Lt variaran. La función de este bloque es codificar la señal entrante, almacenarla durante un tiempo y cuando se recolecta la información suficiente se comprime dando lugar a ráfagas de datos comprimidos a la salida del codificador. En el cuadro 14 se indica un listado de los codificadores más utilizados en VoIP.

**Cuadro 14. Codificadores utilizados en VoIP**

CODEC	DRc [kbps]	Tt [ms]	Tla	Algoritmo
G.711	64kbps	0.125	-	PCM
G.726	16,24,32,40	0.125	-	ADPCM
G.729	8	10	5ms	CS-ACELP
G.723.1	6.4 ó 5.3	30	7.5ms	ACELP/MP-MLQ
G.728	16kbps	0.625	-	LD-CELP
iLBC	15.2 ó 13.33	20 ó 30	-	BI-LPC
GSM	13	22.5	-	RPE-LTP

**Fuente:** GANZABAL, Julián María. Calculo de ancho de banda en VoIP. [en línea] [consultado 20 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.idris.com.ar/lairant/pdf/ART0001%20-%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf>

Con esta información del cuadro 14 podemos verificar el codificador a utilizar que determina el ancho de banda requerido como se observa en el cuadro 15, para contratar con el proveedor de servicios de telefonía.

**Cuadro 15. Ancho de banda para 4 tipos de Codec**

CODEC	Tasa	Lt [bytes]	Tt [ms]	N	Tt.N [ms]	1/(Tt.N) Paq/seg	Lt.N [bytes]	Total [bytes]	BW [kbps]
G.729	8kbps	10	10	3	30	33,33	30	108	28,80
				6	60	16,67	60	138	18,40
G.723.1	6.4kbps	24	30	1	30	33,33	24	102	27,20
				2	60	16,67	48	126	16,80
	5.3kbps	20	30	1	30	33,33	20	98	26,13
				2	60	16,67	40	118	15,73
G.711	64kbps	1	0,125	240	30	33,33	240	318	84,80
				480	60	16,67	480	558	74,40
G.726	32kbps	1	0,25	120	30	33,33	120	198	52,80
				240	60	16,67	240	318	42,40

**Fuente:** GANZABAL, Julián María. Calculo de ancho de banda en VoIP. Disponible en internet: <http://www.idris.com.ar/lairant/pdf/ART0001%20-%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf>

Por último el **bloque de Paquetización** acumula N tramas y las pone sobre un paquete IP realizando el direccionamiento físico a través de la capa de enlace.

**Cuadro 16. Ancho de Banda requerido para telefonía sobre redes IP**

MUNICIPIO	SEDE	SIGLA	VoIP		
			Teléfonos	G.711	G.729
			IP	64 Kbps	28.80 Kbps
SANTANDER	IPS SANTANDER	ISA	14	896	403,2
	ADMINISTRACION	ADM	10	640	288
	ALMACEN	ALM	2	128	57,6
	LABORATORIO 2	LAB2	2	128	57,6
	LABORATORIO 1	LAB1	1	64	28,8
	ACIN	ACIN	24	1536	691,2
	COMERCIALIZADORA	COM	1	64	28,8
CALOTO	IPS CALOTO	ICAL	2	128	57,6
CORINTO	IPS CORINTO	ICOR	1	64	28,8
MIRANDA	IPS MIRANDA	IMIR	2	128	57,6
TACUEYO	IPS TACUEYO	ITAC	1	64	28,8
TORIBIO	IPS TORIBIO	ITOR	2	128	57,6
JAMBALO	IPS JAMBALO	IJAM	3	192	86,4
TOTAL			65	4160	1872

Como se mencionó en el Dimensionamiento del Servidor de Telefonía VoIP, punto d. Se selecciona el Codec G.711 por la calidad que debe tener las comunicaciones de voz sobre redes IP .

### **9.3 ANÁLISIS DEL ANCHO BANDA DE INTERNET EN LAS SEDES DE LA ACIN.**

Este servicio es de suma importancia en todas las sedes de la IPS-I ACIN, ya que el Internet es como una "red de redes", es decir, una red que no sólo interconecta computadoras, sino que interconecta redes de computadoras entre sí.

De esta manera, Internet sirve de enlace entre redes más pequeñas y permite ampliar su cobertura al hacerlas parte de una "red global". Esta red global tiene la característica de que utiliza un lenguaje común que garantiza la intercomunicación de los diferentes participantes; este lenguaje común es llamado protocolo<sup>39</sup>.

Para determinar el ancho de banda por usuario se emplea la formula descrita a continuación que es pertinente teniendo en cuenta que la IPS-I ACIN en la sede de Santander de Quilichao cuenta con internet banda ancha ADSL de 2 Mbps, asimétrico con reuso 4:1 sin restricción alguna, con 30 usuarios, distribuidos en algunos sitio por cable UTP categoría 6 y WI-FI hasta el momento sin presentar dificultades.

$$Bw = \frac{Bw \text{ del canal ADSL}}{No \text{ de usuarios conectados simultaneamente}} \quad (9-2)$$

Con la fórmula (9-2) determinamos que cada usuario consumiría aproximadamente 66.67Kbps, verificable con el test de velocidad realizado periódicamente en horas pico, ver figura 50, este valor sirve como referente para calcular el ancho de banda total para el número total de usuarios de las sedes de la IPS-I ACIN.

---

<sup>39</sup> Un protocolo es el lenguaje que utilizan las computadoras al compartir recursos y se conoce como TCP/IP

**Figura 50. Test de velocidad internet ADSL sede IPS-I ACIN**



**Fuente:** My-Speedtest.com. [en línea] [consultado 24 de julio de 2013] Disponible en internet: <http://www.my-speedtest.com/es/speedtest.htm>

De acuerdo a los parámetros anteriores de internet, en el cuadro 17 se realizan los cálculos de ancho de banda, necesarios para los requerimientos encontrados en cada una de las sedes de la organización, como se indica en el cuadro 3.

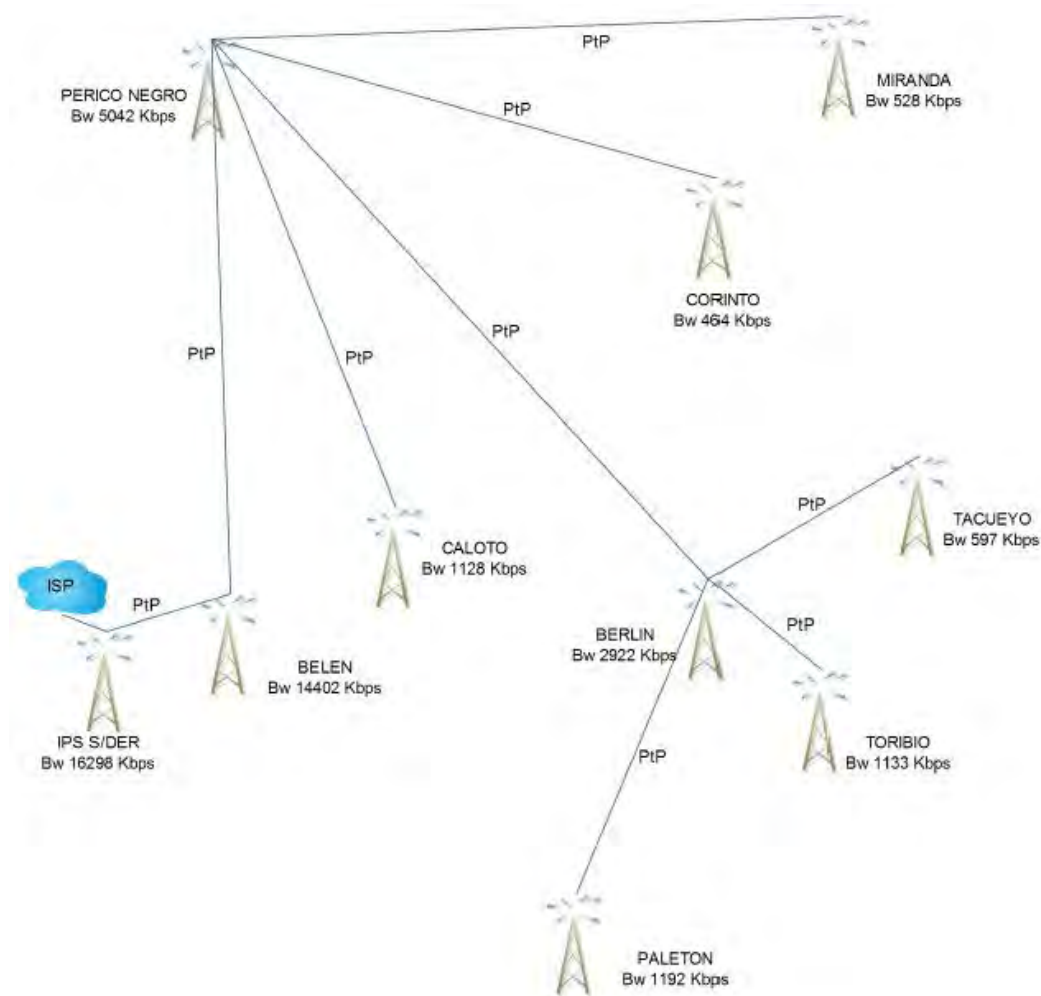
**Cuadro 17. Ancho de banda necesario para los servicios de internet en las sedes de la ACIN.**

MUNICIPIO	SEDE	SIGLA	No de PC's actuales	INTERNET	WI-FI	
				66.67 Kbps x usuario	66.67 Kbps x usuario	
SANTANDER	IPS SANTANDER	ISA	15	1000,05	0	0
	ADMINISTRACION	ADM	30	2000,1	10	666,7
	ALMACEN	ALM	4	266,68	0	0
	LABORATORIO 2	LAB2	4	266,68	0	0
	LABORATORIO 1	LAB1	1	66,67	0	0
	ACIN	ACIN	40	2666,8	10	666,7
	COMERCIALIZADORA	COM	3	200,01	0	0
CALOTO	IPS CALOTO	ICAL	15	1000,05	0	0
CORINTO	IPS CORINTO	ICOR	6	400,02	0	0
MIRANDA	IPS MIRANDA	IMIR	6	400,02	0	0
TACUEYO	IPS TACUEYO	ITAC	8	533,36	0	0
TORIBIO	IPS TORIBIO	ITOR	15	1000,05	0	0
JAMBALO	IPS JAMBALO	IJAM	15	1000,05	0	0
TOTAL			162	10800,54	20	1333,4

Los datos que se presentan en la tabla anterior permiten analizar y definir el ancho de banda necesario para conectar los usuarios de internet y WIFI. Con estos parámetros ya definidos se procede a buscar el proveedor de servicios que cumpla con los requerimientos como se verá más adelante.

Como se definió anteriormente, el Codec a utilizar para la telefonía sobre redes IP es el G.711, de acuerdo con los cuadros 16 y 17 se realiza la topología de la red indicando la cantidad de tráfico que deberá soportar el switch ubicado en cada RBS como lo indica la siguiente figura.

**Figura 51. Estimación del ancho de banda**



En el apartado 10, cuadro 21 se encuentran los switch recomendados que soportan el tráfico requerido en cada estación de radio para evitar los cuellos de botella, además de sus múltiples características

#### **9.4 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE CREACIÓN DE UN CENTRO DE DATOS**

La Institución Prestadora de Servicios de Salud de la Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca maneja diariamente un gran volumen de información producida durante los procesos de atención en salud los cuales inician desde el momento de la facturación, atención al usuario (centro de información sobre la vigencia del paciente en el sistema de salud del régimen subsidiado), administración de historias clínicas, proceso de pre-consulta médica o de enfermería, consulta médica o de promoción y prevención, sistematización de información de la consulta médica y de Promoción y Prevención en adelante P y P. Esta información además de ser sistematizada también debe generar la posibilidad de consolidación de informes mensuales que permiten la generación de cuentas de cobro por los servicios de salud que se han prestado y la obtención del perfil epidemiológico que permite la toma de decisiones pertinentes respecto a las necesidades de atención en salud y el reporte de información a instituciones de salud del estado y entes de control de salud pública.

Esta información es generada y sistematizada en cada una de las sedes de la IPS- I ACIN. Estas sedes funcionan en los centros poblados de cada municipio y también en las veredas de la comunidad indígena a través de las salidas de atención extra-mural que realiza el equipo interdisciplinario. Al finalizar cada mes se realiza el proceso de consolidación de la información, a través del software creado para tal fin. En la práctica de los procesos de consolidación de información se presentan una serie de obstáculos y dificultades deseables de superar como son:

- El proceso de consolidación de la información implica que haya una persona que se desplazase a cada una de las sedes y recopile la información. Lo anterior es un proceso costoso ya que el desplazamiento a cada uno de los municipios exige un gasto en transporte y alimentación. Por otro lado, los municipios de la zona norte del Cauca son considerablemente distantes y sus territorios tienen un alto riesgo por conflicto armado.



- Las sedes de la IPS-I ACIN y los municipios donde ellas se encuentran no cuentan con adecuada infraestructura de telecomunicaciones. Ello implica que los procesos de atención a la comunidad, facturación y consulta médica y de P y P no puedan organizarse en una red interna de información.

Teniendo en cuenta que no hay red interna de telecomunicación, las historias clínicas que maneja la IPS-I ACIN son de carácter físico y su administración exige grandes espacios de almacenamiento; compra de estantería; pago de recurso humano y demora en los procesos de creación, archivo, búsqueda oportuna de las mismas, lo cual genera graves problemas en el funcionamiento de la IPS-I ACIN por duplicación de Historias Clínicas, pérdida, deterioro físico, manipulación inadecuada de la información, demora en el proceso de pre-consulta y consulta médica y de P y P.

- Debido a que las historias clínicas se encuentran en medio físico en cada una de las sedes, el paciente no cuenta con la información correspondiente en caso de que asista a otra sede de la IPS-I ACIN en otro municipio de la red de servicios.

Las anteriores problemáticas le plantean a la IPS-I ACIN la necesidad de creación de un Centro de Datos que empleara el diseño inalámbrico, que se plantea en el presente trabajo, como soporte para la comunicación de la información.

- **Conexión al centro de datos mediante VPN (Virtual Private Network)**

Las VPN es una forma de comunicación que hace uso del canal de internet o red pública, en la que solo los clientes autorizados pueden tener acceso a los privilegios y servicios que en el centro de datos se proveen. Esta conexión permite establecer una comunicación entre dos o más redes simulando una única red privada entre computadoras como si fuera una conexión punto a punto.

La seguridad es una de las ventajas importantes porque los paquetes viajan a través de redes públicas (internet) en forma encriptada a través de un túnel de manera ilegible para quien logre captar estos paquetes. Este tipo de redes privadas permitirán a la IPS-I ACIN abaratar costos al no tener que contratar una red exclusiva para poder establecer la comunicación entre el servidor y el cliente.

Estas conexiones VPN se dejan planteadas como una solución para la conexión al centro de datos, el cual no se profundizara en este tema ya que requiere de un análisis más detallado que se deberá abordar en otro proyecto de investigación porque no es uno de los objetivos de este trabajo de grado.

## **10.RECOMENDACIÓN DE EQUIPOS A UTILIZAR**

Cada uno de los servicios de voz, datos e internet planteados en el presente diseño requiere de las especificaciones en cuanto a equipos y proveedores de internet y telefonía. En este capítulo se presentan las recomendaciones en cuanto a los equipos y proveedores pertinentes a utilizar en la fase de implementación del diseño.

### **10.1 PROPUESTA DE EQUIPOS PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE TELECOMUNICIONES APLICADOS AL DISEÑO.**

- **HARDPHONE VoIP**

A continuación se presenta un cuadro comparativo con las características de algunos Hardphones utilizados en la telefonía IP, como se puede analizar las especificaciones de cada uno de ellos son prácticamente iguales, el teléfono físico que se recomienda es el SIP T22P<sup>40</sup>, porque es una solución VoIP rentable, soporta el protocolo de señalización SIP, transporte de la voz sobre UDP, utiliza el Codec G.711 sugerido, alimentación por PoE, posee dos puertos Rj45, bajo consumo de energía, fácil configuración entre otros.

---

<sup>40</sup> SIP T22P. [en línea] [consultado el 12 de abril de 2013] Disponible en internet:  
[http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCatelD=186&CatelD=147&BaseInfoCatelD=186&Cate\\_l\\_d=186&parentcateid=147](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCatelD=186&CatelD=147&BaseInfoCatelD=186&Cate_l_d=186&parentcateid=147)

**Cuadro 18.** Cuadro comparativo de teléfonos VoIP

ESPECIFICACIONES		BOSSLAN BOSST69	Polycom IP650	SNOM 370	Linksys SPA942	CISCO 7962G	Grandstream GXP-2020	T22P- YEALINK
Características	Cuentas	6	6	4	4	6	6	3
	Hardware voz	Si Altavoz	Si Altavoz	No	No	Si	No	Si Altavoz
	Pantalla XML	Si	No	Si	No	Si	Si	Si
	Codecs	G.722, G.711, G.723.1, G.726, G.729AB, GSM, iLBC	G.722, G.711, G.729AB	G.722, G.711, G.723.1, G.726, G.729A, GSM	G.711,G.723.1 G.726, G.729A	G.711, G.729a	G.722, G.711, G.726, G.723.1/ iLBC, G.729AB, GSM	G.722 códec de banda estrecha: G.711, G.723.1, G.726, G.729AB
	GUI	Excelente	Excelente	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Excelente
	Chipset	TI Titan Voice Engine	TI Titan Voice Engine	Infineon PSB 21553E	SIPURA SIP316FF	TI Titan Voice Engine	TI TMS320C5501 DSP	TI TITAN chipset TI y motor de voz
Hardware	LCD	320×160	320×160	240×128	128×64	320×222	320×120	132x64
	Teclas programables	16 con dual-color LED	6 con dual-color LED	12 sin LED	4 monocolor LED	6 Single-color LED	13 Dual-color LED	4 monocolor LED
	Conexion auriculares	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	PoE	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Módulo expansión	Si (en desarrollo)	Si (hasta 3)	Si (hasta 3)	No	Si (hasta 2)	Si	Si
Teléfono	BLA	Si	Si	Si	No	Si (con expansión)	Si	Si
	BLF	Si	Si (con expansión)	Si	Si	Si (con expansión)	Si	Si
	Tonos llamada MP3	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Conferencia a 3	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Red	TR069	Si (opcional)	No	No	No	No	No	No
	Auto-provisión	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	VLAN	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Opciones adicionales	Secure RTP	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
	Multi-lenguaje	Si (y dialectos)	11 lenguajes	Si (y dialectos)	1	Más de 20	Más de 5	Más de 20
	Voicemail	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	SMS	Si	No	No	No	No	No	No
	Informes online	Si	No	No	No	No	No	No

- **MEDIA GATEWAY SIP/GSM DE 6, 4, 2 PUERTOS**

Las comunicaciones realizadas desde la telefonía fija a operadores de telefonía celular, tienen una tarifa alta por cada minuto que el usuario hable, por este motivo se integra a la telefonía IP, el media Gateway de YX Wireless donde podrá vincular hasta seis **SIM** de operadores de redes móviles reduciendo así los costos por llamada.

**Tabla 4. Características de media Gateway de 6, 4, 2 puertos**

**Voz sobre IP**

Protocolo	SIP	SIP	SIP
Transporte	UDP	UDP	UDP
Codec	G.711 A/U	G.711 A/U	G.711 A/U

**Interfaz de Red**

Estándar	Ethernet IEEE802.3	Ethernet IEEE802.3	Ethernet IEEE802.3
Conector	RJ-45	RJ-45	RJ-45
Tasa	10/100 Mbps	10/100 Mbps	10/100 Mbps
DIX	Auto M-Dix	Auto M-Dix	Auto M-Dix

**GSM**

Canales GSM	6	4	2
Simcards	6	4	2
Bandas	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900
Anetnas	SMA Female @ 50 Ohm	SMA Female @ 50 Ohm	SMA Female @ 50 Ohm
MS	Clase B	Clase B	Clase B

**Fuente:** YX WIRELESS. [en línea] [consultado 02 de junio de 2013] Disponible en internet: [http://www.yx.cl/lyric\\_voip.html#hardware](http://www.yx.cl/lyric_voip.html#hardware)

**Figura 52. Gateway SIP para telefonía móvil**



**Fuente:** YX WIRELESS. [en línea] [Consultado 02 de junio de 2013] Disponible en internet: [http://www.yx.cl/lyric\\_voip.html#hardware](http://www.yx.cl/lyric_voip.html#hardware)

Se propone vincular al servidor de telefonía VoIP un **Lyric VoIP X6** para realizar llamadas a la telefonía móvil a menor costo que la telefonía fija.

#### • **TELÉFONOS VIRTUALES O SOFTPHONE<sup>41</sup>**

Se podrán descargar e instalar en un computador o Smartphone, el cual permitirá realizar llamadas telefónicas desde cualquier lugar donde se cuente con conexión a internet y estar siempre disponible como si estuviera en su oficina, claro está que los Softphone se deben configurar de acuerdo a los parámetros establecidos en el servidor de telefonía ASTERISK. El cuadro 19 muestra la clasificación de los Softphone y especifica los protocolos de señalización de VoIP que soporta, a continuación se da una breve reseña de los protocolos utilizados en los servicios de telefonía IP.

- **El protocolo H.323.** Este estándar especifica los componentes, protocolos y procedimientos para brindar los servicios de comunicación multimedia (datos, audio y video) en tiempo real. Soporta todo tipo de conferencia de video y datos.
- **El estándar SIP (Protocolo de inicio de sesión).** Está diseñado para iniciar, mantener y terminar sesiones de comunicación, utiliza el protocolo de transporte

---

<sup>41</sup> Softphone. [en línea] [consultado 18 de mayo de 2013] Disponible en internet: <http://www.voipforo.com/Telefonos/softphones.php>

no fiable UDP. No soporta protocolos de video por lo cual es utilizado solo para audio

- **RTP (Real Time Transport Protocol).** Este protocolo es el encargado de entregar de servicios de audio y video como su nombre lo indica en tiempo real, ya que la telefonía IP no utiliza el protocolo de TCP porque este es demasiado pesado para este tipo de aplicaciones, para esto utiliza el datagrama UDP

**Cuadro 19. Clasificación de Softphone para Windows y Smartphone**

Nombre	Web	Comentarios	Valoración
3CXPhone	<a href="#">3CX</a>	Disponible para Windows, Iphone y Android. Válido para protocolo SIP. Admite codecs g711a, g711u y gsm. Gratuito. Ahora mismo de los más completos. Tenemos un <a href="#">manual de instalación y configuración del 3CX</a>	★ ★ ★ ★ ★
SJPHONE	<a href="#">SoftJoys Labs</a>	Disponible en Windows, Linux y Mac. Soporta tanto H.323 como SIP. Admite codecs g711a, g711u, gsm y iLBC. Admite múltiples configuraciones. Gratuito. Tenemos un <a href="#">manual de instalación y configuración del sjphone</a>	★ ★ ★ ★
EXPRESS TALK	<a href="#">Ahe NCH Swift Sound ad Software AG</a>	Disponible para Windows y MAC OS X. Sólo válido para SIP. Soporta 46 canales SIP simultáneamente. Admite codecs g711a, g711u y gsm. Cancelación de eco y reducción de ruido. Gratuito.	★ ★ ★
X-LITE, EYEBEAM, BRIA	<a href="#">CounterPath Solutions, Inc.</a>	Disponible en Windows, Mac y Pocket PC. Soporta SIP. Admite codecs G.711, iLBC, Speex, GSM, G.723.1, G.726, G.729a. Buen diseño. De pago.	★ ★ ★
KPHONE	<a href="#">OpenSource</a>	Disponible en linux. Clásico programa de código libre que adolece de diseño pero que como siempre funciona estupendamente. Gratuito (por supuesto)	★ ★ ★
ADORE SOFTPHONE	<a href="#">Adore Softphone</a>	Disponible en Windows y pocket-pc. Soporta protocolo G729 aparte de los protocolos habituales y también el protocolo IAX. De pago.	★ ★

**Fuente:** Softphone. [en línea] [consultado 18 de mayo de 2013] Disponible en internet: <http://www.voipforo.com/Telefonos/softphones.php>

- **EQUIPO CAPA TRES.**

En forma general los routers están diseñados principalmente para enrutar el tráfico de una red, y como segunda función, tienen incorporada una tecnología de filtrado de paquetes. Esta segunda característica es utilizada como un firewall eficiente.

Un firewall es un sistema diseñado para prevenir que personas no autorizadas tengan acceso a una red o a un servidor, puede ser implementado en software, en hardware o en ambos. Todos los mensajes recibidos o enviados a una red protegida pasan a través del firewall, y este a su vez examina cada mensaje y bloquea los que no cumplen ciertos criterios de seguridad.

Por tal motivo se propone instalar en la IPS-I ACIN (ISA) un router como equipo de borde permitiendo conectar las LAN sobre una red WAN. Además de cumplir funciones como:

- Control de flujo y tráfico.
- Mapear las direcciones del nivel de red con las del nivel de enlace, LAN.
- Dividir las LAN en dominios de Broadcast.
- Comunicarse entre sí mediante conexiones WAN y conectar redes de sistemas locales.
- Crear tablas de enrutamiento intercambiando información de la red que están contienen con otros Routers.
- Definir QoS (Quality of Service)
- Soportar simultáneamente diferentes protocolos, haciendo compatible todos los equipos en la capa de red.
- Actúan como puertas de seguridad comprobando el tráfico mediante listas de permisos de acceso.
- Asegura fiabilidad, ofreciendo múltiples trayectorias a través de las redes.
- Aprende automáticamente nuevas trayectorias y selecciona las mejores.

Conociendo las funcionalidades de este equipo se recomienda utilizar un Router **Cisco 2901**<sup>42</sup> incluyendo las tarjetas o módulos HWIC 2FE para interconectar las redes LAN.

---

<sup>42</sup>Cisco 2901 Integrated Services Router. [en línea] [consultado 14 de mayo de 2013] Disponible en internet: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10539/index.html>

## • EQUIPOS CAPA DOS PARA LOS PUNTOS DE ATENCION Y RBS

La demanda del tráfico actual por usuario de la red seria la navegación con una capacidad requerida de 66.67 Kbps, (ver cuadro17) y el servicio de telefonía IP de acuerdo al Codec G.711 requeridos 64 Kbps, (ver cuadro 16), es importante saber que los centros de atención y sedes de la IPS-I ACIN no cuentan con aplicaciones o software que permitan realizar un análisis del tráfico de la información. Teniendo en cuenta estos requerimientos el switch debe cumplir con exigencias presentes y futuras de la empresa ya que este diseño permitirá brindar los servicios planteados a los demás tejidos de vida<sup>43</sup> que conforman la ACIN.

Por tal motivo se requieren equipos que sean fiables en la transferencia de la información o tramas entre dispositivos a través de la red física que cumplan las siguientes características:

- Administración de la red
- Puertos Ethernet 10/100/1000 optimizados para el núcleo de la red o para aplicaciones de alto consumo de ancho de banda.
- Puertos con la función de Power over Ethernet que suministre alimentación de forma fácil y económica a los terminales conectados en red.
- Que tengan clústeres que permitan gestionar varios switches como si fuera uno solo para respaldar el crecimiento de la empresa.
- Alta seguridad para proteger el tráfico de la red para evitar el acceso de usuarios no autorizados.
- Gestión de QoS.
- VLAN basadas en 802.1Q que permitan la segmentación de redes para mejorar el rendimiento.

Teniendo en cuenta la tabla 3 y las características anteriores se proponen Switches Cisco. En el cuadro 20 se encuentra la referencia de los equipos recomendados para la red LAN de las sedes de la IPS-I ACIN.

---

<sup>43</sup> La ACIN y los tejidos de vida. [en línea][consultado el 13 de octubre de 2013] Disponible en internet: <http://www.nasaacin.org/sobre-nosotros2013/estructura-cxhab-wala-kiwe/54-comunicacion-y-relaciones-externas/4104-la-acin-y-los-tejidos-de-vida>



**Cuadro 20. Switch para comunicación LAN en las sedes de la IPS-I ACIN**

MUNICIPIO	SEDE	SIGLA	No de	No	REFERENCIA
			PC's	PUERTOS	SWITCH
SANTANDER	IPS SANTANDER	ISA	15	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P <sup>44</sup>
	ADMINISTRACION	ADM	30	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
	ALMACEN	ALM	4	8	SF302-08MP <sup>45</sup>
	LABORATORIO 2	LAB2	4	8	SF302-08MP
	LABORATORIO 1	LAB1	1	8	SF302-08MP
	ACIN	ACIN	40	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
	COMERCIALIZADORA	COM	3	8	SF302-08MP
CALOTO	IPS CALOTO	ICAL	15	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
CORINTO	IPS CORINTO	ICOR	6	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
MIRANDA	IPS MIRANDA	IMIR	6	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
TACUEYO	IPS TACUEYO	ITAC	8	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
TORIBIO	IPS TORIBIO	ITOR	15	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
JAMBALO	IPS JAMBALO	IJAM	15	48	Switch Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P

<sup>44</sup> Switch Gigabit de 48 puertos Cisco SGE2010P: PoE. [en línea] [consultado 14 de febrero de 2013] Disponible en internet: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9967/ps9985/data\\_sheet\\_c78-502075\\_es.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9967/ps9985/data_sheet_c78-502075_es.pdf)

<sup>45</sup> Switches Cisco de la serie 300 Cisco Small Business. [en línea] [consultado 26 de febrero de 2013] Disponible en internet. [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps10898/300\\_Series\\_Switches\\_DS\\_FI\\_NAL.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps10898/300_Series_Switches_DS_FI_NAL.pdf)

**Cuadro 21. Switch para comunicación entre RBS**

<b>RBS</b>	<b>SIGLA</b>	<b>No PUERTOS</b>	<b>REFERENCIA SWITCH</b>
<b>IPS SANTANDER</b>	<b>ISA</b>	48	Switch de Núcleo Gigabit de 48 puertos Cisco® SGE2010P
<b>BELEN</b>	<b>BEL</b>	8	SF302-08MP
<b>PERICO NEGRO</b>	<b>PNG</b>	8	SF302-08MP
<b>CALOTO</b>	<b>CAL</b>	8	SF302-08MP
<b>CORINTO</b>	<b>COR</b>	8	SF302-08MP
<b>MIRANDA</b>	<b>MIR</b>	8	SF302-08MP
<b>IPS TACUEYO</b>	<b>ITAC</b>	8	SF302-08MP
<b>BERLIN</b>	<b>BER</b>	8	SF302-08MP
<b>TORIBIO</b>	<b>TOR</b>	8	SF302-08MP
<b>PALETON</b>	<b>PAL</b>	8	SF302-08MP

Los switch SF302-08MP en su capacidad de switching y velocidad de reenvío de acuerdo a sus especificaciones tiene una capacidad en millones de paquetes por segundo (mpps) (paquetes de 64 bytes) de 4,17mpps y su capacidad de switching de 5.6 Gbps .

El Switch Gigabit de 48 puertos Cisco SGE2010P se propone para ser utilizado como Switch de núcleo ya que su capacidad de conmutación es de 96 Gbps sin bloqueos y su capacidad de transferencia de 71,4 mpps según hoja de características. Por lo tanto estos equipos soportaran el tráfico requerido.

Las especificaciones de estos equipos se pueden verificar en los link ubicados en las notas al pie de página número 44 y 45

- **EQUIPOS ANDREW PARA ENLACES MICROONDAS**

A continuación se realiza un consolidado de los equipos utilizados en los enlaces microondas que se recomiendan para la implementación del diseño de redes inalámbricas para la ACIN.

**Cuadro 22. Características de los equipos para radio enlaces microondas**

ENLACE	LADO TRANSMISION					LADO RECEPCION					BANDA DE OPERACION GHz
	REF	GANANCIA	REF	POTENCIA	ALTURA	REF	GANANCIA	REF	SENSIBILIDAD	ALTURA	
	ANTENA	dBi	GUIA DE ONDA	dBm	mts ANTENA	ANTENA	dBi	GUIA DE ONDA	dBm	mts ANTENA	
<b>BEL-PNG</b>	P2-122	35.5	EW127A	27	20	P2-122	35.5	EW127A	-96	20	12.200-13.250
<b>PNG-MIR</b>	P2-122	35.5	EW127A	27	22	P2-122	35.5	EW127A	-96	20	12.200-13.250
<b>PNG-COR</b>	VHLP2-15	36.8	EW132-144	27	24	VHLP2-15	36.8	EW132-144	-94	20	14.250-15.350
<b>PNG-CAL</b>	VHLP2-15	36.8	EW132-144	28	26	VHLP2-15	36.8	EW132-144	-94	20	14.250-15.350
<b>PNG-BER</b>	VHLP2.5-11	37.5	EW90	30	28	VHLP2.5-11	37.5	EW90	-97	20	10.700-11-700
<b>BER-ITAC</b>	VHLP2-18	38.7	EW180-180	27	18	VHLP2-18	38.7	EW180-180	-74	10	17.700-19.700
<b>BER-PAL</b>	P2-122	35.5	EW127A	30	22	P2-122	35.5	EW127A	-93	20	12.200-13.250

Los radio enlaces microondas son bidireccionales por lo cual se deberán emplear transmisores con igual potencia en ambos extremos

- **EQUIPOS PARA ENLACES WIRELESS DE UBIQUITI NETWORKS**

En el diseño de enlaces wireless se utilizan equipos de Ubiquiti, en la siguiente tabla se referencian los equipos que conectaran las sedes de la IPS-I ACIN de la zona urbana de Santander de Quilichao, Caloto, Toribio y Jambalo.

**Cuadro 23. Características de los equipos para enlaces Wireless**

ENLACE	TIPO DE ENLACE	LADO TRANSMISION				LADO RECEPCION				BANDA DE OPERACIÓN GHz
		REF ANTENA	GANANCIA dBi	POTENCIA dBm	ALTURA mts ANTENA	REF ANTENA	GANANCIA dBi	SENSIBILIDAD dBm	ALTURA mts ANTENA	
ISA-BEL	PtP	NB-5G22	22	23	10	NB-5G22	22	-87	16	5.470-5.825
BEL-ACIN	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
BEL-COM	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
BEL-LAB2	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
BEL-ALM	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
BEL-ADM	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
BEL-LAB1	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
CAL-ICAL	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	9	5.470-5.825
BER-TOR	PtP	NB-5G22	22	23	16	NB-5G22	22	-87	10	5.470-5.825
TOR-ITOR	PtMP	AM-5G20	20	27	18	NB-5G22	22	-87	7	5.470-5.825
PAL-IJAM	PtP	NB-5G22	22	23	18	NB-5G22	22	-87	7	5.470-5.825

Antes de implementar los enlaces wireless se deberá realizar un estudio de espectro electromagnético para la selección del canal de operación y así evitar alguna interferencia.

- **EQUIPO PARA SERVICIO WI-FI**

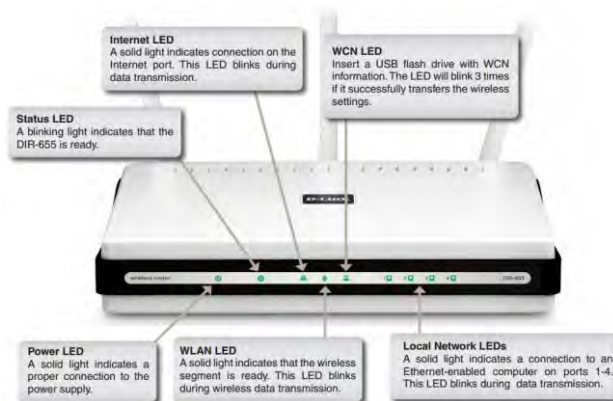
En la actualidad existen equipos de diferentes marcas, diseños y características que permiten la comunicación a través de redes Wi-Fi para zonas o áreas pequeñas, de acuerdo al levantamiento de requerimientos realizado a las sedes de la IPS-I ACIN, se requiere implementar zonas Wi-Fi para áreas de mínimo 50 mts en la sede administrativa de la IPS-I y la sede principal ACIN, para esto es requisito contar con equipos que tengan las siguientes especificaciones:

- Cobertura Wi-Fi mayores a 50 Mts
- Que soporten QoS y tecnología MIMO
- Puertos LAN y WAN 10/10/1000
- Garanticen Seguridad, filtrado MAC, Bloqueo Web
- Puertos de red USB
- Velocidad de transmisión mayores a 150Mbps
- Soporte protocolos 802.11 b/g/n

De acuerdo a las especificaciones anteriores se recomienda utilizar el router D-Link DIR-655, figura 53. Este dispositivo que opera bajo el estándar 802.11n y sistema MIMO (Múltiples entradas Múltiples Salidas) constituyen una de las tecnologías que permiten conseguir altas velocidades de transmisión, aprovechando las propiedades espaciales para obtener un alto rendimiento sin necesidad de aumentar el ancho de banda disponible.

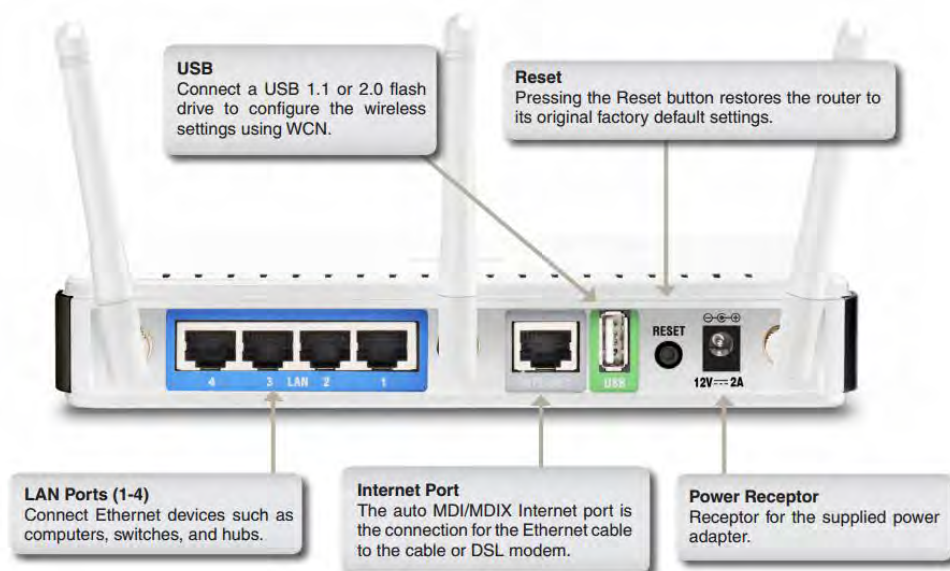
Como se puede observar en la figura 54, este equipo integra 4 puertos LAN con velocidades Gigabit utilizable para la transmisión hacia otros dispositivos, 1 puerto WAN y es compatible con las redes inalámbricas 802.11g/b/n incluye Calidad de servicio (QoS).

**Figura 53. Vista frontal D-Link DIR-655 Xtreme N Router**



**FUENTE:** User Manual, Dir-655.[en línea] [consultado 22 de abril de 2013] Disponible en internet: <http://static.highspeedbackbone.net/pdf/D-link-DIR-655-Manual.pdf>

**Figura 54. Vista posterior D-Link DIR-655 Xtreme N Router**



**Fuente:** User Manual, Dir-655.[en línea] [consultado 22 de abril de 2013] Disponible en internet: <http://static.highspeedbackbone.net/pdf/D-link-DIR-655-Manual.pdf>

## 10.2 PROVEEDORES DE SERVICIOS

Identificar un adecuado proveedor de servicios requiere del análisis de aspectos como:

- Confiabilidad
- Servicios
- Infraestructura
- Avance tecnológico
- Última milla

La búsqueda de información realizada para ubicar las empresas dedicadas a proveer los servicios de telefonía e internet arrojó los siguientes resultados:

**Cuadro 24. ISP para Santander de Quilichao, Cauca**

ISP	INTERNET DEDICADO	INTERNET BANDA ANCHA ADSL <sup>46</sup>	IP PUBLICA	TELEFONIA FIJA	TRONCAL SIP	ULTIMA MILLA
ETB	SI	SI	SI	SI	NO	MICROONDAS
TELEFONICA	SI	SI	SI	SI	NO	COBRE
CLARO	SI	SI	SI	SI	SI	FIBRA OPTICA

- **Servicios a contratar.**

Consultando el cuadro 24 se requiere contratar con el ISP CLARO, un canal mínimo de internet dedicado de 17 Megas, (Ver cuadro 16 y 17) con sus respectivas IP públicas las cuales permitirán acceder a los servidores vinculados en el centro de datos.

---

<sup>46</sup> ADSL: (Asymmetric Digital Subscriber Line), método de transmisión de datos digital a través de líneas telefónicas de cobre, requiere la instalación de un MODEM y adquirir una línea telefónica.

Para el servicio de telefonía IP se contratará una troncal SIP con mínimo 18 canales, (ver tabla 3) permitiendo descongestionar las líneas telefónicas, la IPS-I ACIN deberá cancelar un monto económico por el plan de llamadas deseable, sin olvidar que por cada Hardphone adicional a los 65 requeridos, se debe realizar el aumento del ancho de banda proporcional al número de teléfonos físicos o softphone en el canal dedicado contratado.

Como se puede observar en el cuadro anterior, Claro cuenta con los servicios requeridos por la IPS-I ACIN adicionando que su última milla es en fibra óptica, lo que permite mayor velocidad, más ancho de banda e inmunidad a la interferencia y el ruido. El valor económico de los servicios requeridos se encuentra en márgenes iguales.



## 11 CONCLUSIONES

La Institución Prestadora de Servicios de Salud Intercultural ACIN requiere, como se ha planteado, un diseño en redes de telecomunicaciones inalámbricas que le permita ser más eficiente y competitiva en su quehacer como Institución de Salud.

Cada uno de los procedimientos realizados en el presente trabajo se ha pensado y aplicado para suplir esta necesidad y llevar a esta Institución de Salud a un nivel de manejo de la tecnología acorde con los avances actuales.

El análisis de cada uno de los aspectos fundamentales para el diseño permitió llevar a un contexto específico, como es la zona de resguardos indígenas, conocimientos tecnológicos universales y con ello demostrar, una vez más, que pueden cubrir áreas donde entidades privadas no tienen interés o capacidad para trabajar, pero donde sí existen seres humanos y procesos que requieren de estos avances tecnológicos.

El diseño planteado se considera pertinente teniendo en cuenta que:

- Permite la comunicación de la información de cada una de las sedes para generar todo tipo de reportes necesarios en los procesos de atención en salud.
- Permite mejorar la comunicación entre los colaboradores de la IPS-I ACIN y sus usuarios.
- Permite integrar los servicios de voz, datos e internet reduciendo los costos respecto al modelo tradicional de servicios.
- Permite compartir infraestructura y escalabilidad acorde a las necesidades de la organización.
- Permite simplificar y unificar la gestión, la operación y el mantenimiento de los servicios.

En general, los servicios de telecomunicaciones planteados en este diseño permitirán a la IPS-I ACIN concentrar y promover la producción de la información en medicina y sanidad, facilitando la comunicación y el debate interinstitucional en torno al establecimiento de normas asistenciales, gerenciales, legales y demás; definiendo procedimientos, permitirá discutir y difundir sobre innovaciones científicas y técnicas, además de fomentar la educación permanente del personal de los servicios de salud brindando acceso a bibliotecas, banco de datos y lo más importante apoyar a los sistemas municipales y nacionales en lo referente a información, vigilancia epidemiológica, gestión institucional y sería el inicio de toda una infraestructura propia que permitirá avanzar al mundo de la telemedicina en la zona norte del departamento del Cauca.

## **12 RECOMENDACIONES**

Para la futura implementación de este diseño se deberán tener en cuenta la infraestructura que corresponde a:

### **Infraestructura para la implementación de radio enlaces microondas y Wireless:**

- Sistemas de protección eléctrica y para rayos.
- Suministro de la red eléctrica
- Torres soportadas o riendadas mínimo de 30 metros.
- Luces de obstrucción.
- Sistema de respaldo con banco de baterías con su respectiva UPS
- Compra o alquiler del terreno donde se ubicaran las torres.
- Construcción de un sitio seguro donde se alojaran los equipos de comunicaciones.
- Gestión de permisos y licenciamiento de frecuencias ante el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Estudio de la disponibilidad del espectro electromagnético para asignar el canal de operación.

### **Infraestructura para la implementación de redes LAN en las sedes de la IPS-ACIN:**

- Creación del Data center en la sede asistencial del municipio de Santander de Quilichao, Cauca cumpliendo con la norma TIA/EIA 942
- Cableado estructurado cumpliendo con la norma EIA/TIA 568B
- Utilizar cable UTP Cat 6.
- Gabinete o rack de comunicaciones.
- Patch Panel RJ45 Cat 6
- Patch Core Cat 6
- Sistema de respaldo con banco de baterías con su respectiva UPS.
- Sistema de puesta a tierra con sus respectivas cajas de registro.

## Implementación de un sistema de control de ancho de banda:

Se recomienda utilizar la herramienta **Zeroshell**<sup>47</sup>, esta es una distribución Linux para servidores y dispositivos integrados destinados a la prestación de los servicios de la red. Es un Firewall gratuito que tiene las siguientes características

- Balanceo de líneas y tolerancia a fallas con conexiones múltiples de internet
- Conexiones UMTS y HSDPA utilizando módems 3G
- Servidor de autenticación
- Portal de validación web.
- QoS y de gestión de tráfico para controlar el tráfico en una red congestionada. Capaz de garantizar el ancho de banda mínimo, limitar el ancho de banda máximo y asignar una prioridad a una clase de tráfico (útil en aplicaciones de red sensibles a la latencia como VoIP).
- HTTP Proxy transparente.
- Punto de acceso wireless
- Router con rutas dinámicas y estáticas
- Soporte de LAN Virtual
- Filtro de paquetes, incluido en tráfico P2P
- Traducción de direcciones (NAT)
- TCP/UDP Port Forwarding para la publicación de servidores internos
- Servidor DNS multizona
- Cliente PPPoE para la conexión xDSL
- Cliente DNS dinámico entre otros

---

<sup>47</sup> Router/Firewall Linux. [en línea] [consultado 20 de octubre de 2013] Disponible en internet: <http://www.zeroshell.net/es/>

## BIBLIOGRAFIA

ACIN – CXAB WALA KIWE. [en línea] [consultado 15 de Junio de 2012] Disponible en internet: <http://www.nasaacin.org/sobre-acin>

Airmax 5 GHz 2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna Model: AM-5G20-90. [en línea] [consultado 20 de Mayo de 2013] Disponible en internet: [http://www.intellcom.net/files\\_quick\\_start\\_guide/pdf/52/Sector Antenna Am 5G20\\_90.pdf](http://www.intellcom.net/files_quick_start_guide/pdf/52/Sector_Antenna_Am_5G20_90.pdf)

BENAVIDES CASTILLO, Juliana. ACIN. Perfil Sociodemográfico Comunidad Indígena Nasa de la vereda de Vitoyó. Santander de Quilichao. 2009

BUETTRICH, Sebastián. Unidad 06 – Cálculo de radioenlaces. [en línea] [consultado 24 octubre de 2012] Disponible en internet: [http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06\\_CalculoRadioenlace/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_CalculoRadioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf)

CISCO 2901 Integrated Services Router. [en línea] [consultado 14 de Mayo de 2013] Disponible en internet: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10539/index.html>

COMMSCOPE. . [en línea] [consultado 06 de Abril de 2013] Disponible en internet en: <http://www.commscope.com/andrew/eng/index.html>

DELL POWEREDGE 2950 SERVER. . [en línea] [consultado 08 de Abril de 2013] Disponible en internet: [http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/PE2950\\_SS\\_072007.pdf](http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/PE2950_SS_072007.pdf)

DUNAYEVICH, Julián. Asterisk. [en línea] [consultado 10 de Abril de 2013] Disponible en internet: <http://ws.edu.isoc.org/data/2008/3097019549281200ae4f5/03.asterisk-introduccion.pdf>

El clima colombiano. [en línea] [consultado 27 de Marzo de 2013] Disponible en internet: <http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/Colombia/clima.html>

Erlang B Traffic. [en línea] [consultado 18 de junio de 2013]. Disponible en internet: <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/erlang-table.pdf>

FLICKENGER, Rob y otros. Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. Una guía práctica para planificar y construir infraestructura de telecomunicaciones de bajo costo. Tercera edición. Creative Commons, 2008. 397p. ISBN 798-0-9778093-7-0

GANZABAL, Julián María. Calculo de ancho de banda en VoIP. [en línea] [consultado 20 de abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.idris.com.ar/lairant/pdf/ART0001%20-%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf>

La ACIN y los tejidos de vida. [en línea][consultado el 13 de octubre de 2013] Disponible en internet: <http://www.nasaacin.org/sobre-nosotros2013/estructura-cxhab-wala-kiwe/54-comunicacion-y-relaciones-externas/4104-la-acin-y-los-tejidos-de-vida>

La información geográfica del mundo en tu mano. [en línea] [consultado 13 de Abril de 2013] Disponible en internet: <http://www.google.com/earth/index.html>  
Microondas. [en línea] [consultado 16 de noviembre de 2012]. Disponible en internet: <http://allman.rhon.itam.mx/~creyes/apuntes/msa2.pdf>

Manual de procesos y procedimientos, Servicio de información y atención al comunero (SIAC). 2 ed. Santander de Quilichao: 2012.

Motorola PTP Link Planner 2,3. [en línea] [consultado 08 de Abril de 2013] Disponible en internet: <http://motorola-ptp-linkplanner.iwdownload.com/download/>

NanoBridge M. [en línea] [consultado 09 de Mayo de 2013] Disponible en internet: [http://dl.ubnt.com/datasheets/nanobridgem/nbm\\_ds\\_web.pdf](http://dl.ubnt.com/datasheets/nanobridgem/nbm_ds_web.pdf)

OUTDOOR WIRELESS LINK CALCULATOR. [en línea] [consultado 16 de Abril de 2013] Disponible en internet: <http://www.ubnt.com/airlink/>

Principales estándares 802.11 [en línea] [consultado 10 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

Preguntas y respuestas frecuentes de Espectro Radioeléctrico en Colombia. [en línea] [Consultado 9 de septiembre de 2013] Disponible en internet: <https://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/-/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia>

Propagación de onda electromagnéticas [en línea] [consultado 10 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/vila\\_b\\_ca/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf)

Que es la AIC. [en línea] [consultado 16 de Agosto de 2012] Disponible en internet: <http://190.254.19.13:1080/saludAic/>

Radio Mobile. [en línea] [consultado 8 de mayo de 2012] Disponible en internet : <http://www.cplus.org/rmw/>

RadioWORKS 2.0.[en línea] [consultado 4 de agosto de 2012] Disponible en internet: <http://www.hormiga.org/programas-gratis/RadioWORKS-2-0.htm>

Redes Inalámbricas. Kioskeo.net. Disponible en internet <http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3>

Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. [en línea] [consultado 12 de Agosto de 2012] Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=rcITyVcY7yWC&pg=PP3&lpg=PP1&dq=RED+ES+INALAMBRICAS&hl=es>

Recomendación UIT-R p.527-3. [en línea] [consultado 12 de Abril de 2013] Disponible en internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.527-3-199203-I!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.527-3-199203-I!!PDF-S.pdf)

ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation. [en línea] [consultado 08 de Abril de 2013] Disponible en internet: [http://dl.ubnt.com/rocketM5\\_DS.pdf](http://dl.ubnt.com/rocketM5_DS.pdf)

Router/Firewall Linux. [en línea] [consultado 20 de octubre de 2013] Disponible en internet: <http://www.zeroshell.net/es/>

SIP T22P. [en línea] [consultado 12 de Abril de 2013] Disponible en internet: [http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCatelD=186&CatelId=147&BaseInfoCatelId=186&Cate\\_Id=186&parentcateid=147](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCatelD=186&CatelId=147&BaseInfoCatelId=186&Cate_Id=186&parentcateid=147)

Solución para el diseño integral de antenas terrestres. [en línea] [consultado el 9 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://radioworks.softonic.com/>

Softphone. [en línea] [consultado 18 de Mayo de 2013] Disponible en internet: <http://www.voipforo.com/Telefonos/softphones.php>

Switch Gigabit de 48 puertos Cisco SGE2010P: PoE. [en línea] [consultado 14 de Febrero de 2013] Disponible en internet: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9967/ps9985/data\\_sheet\\_c78-502075\\_es.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9967/ps9985/data_sheet_c78-502075_es.pdf)

Switches Cisco de la serie 300 Cisco Small Business. [en línea] [consultado 26 de Febrero de 2013] Disponible en internet: [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps10898/300\\_Series\\_Switches\\_DS\\_FINAL.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps10898/300_Series_Switches_DS_FINAL.pdf)

TOMASI WAYNE. Sistemas De Comunicaciones Electrónicas. Segunda Edición. México. ED. Prentice HALL. 1996. Pág. 710.

Trafico en telefonía. [en línea] [consultado 23 de Febrero de 2013] Disponible en internet: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/garduno\\_a\\_f/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo1.pdf)

User Manual, Dir-655. [en línea] [consultado 22 de Abril de 2013] Disponible en internet: <http://static.highspeedbackbone.net/pdf/D-link-DIR-655-Manual.pdf>

Y. MOROCHO, Marco V. Planificación de radioenlaces con base en topografía digital [en línea]: Ecuador: [Consultado 15 de abril de 2013 ]. Disponible en internet: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>

YX WIRELESS. [en línea] [consultado 02 de Junio de 2013] Disponible en internet: [http://www.yx.cl/lyric\\_voip.html#hardware](http://www.yx.cl/lyric_voip.html#hardware)



## ANEXOS

### Anexo A. Simulación de enlace microondas entre las estaciones de radio de Belén (BEL) Y Perico Negro (PNG)

Figura 55. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)

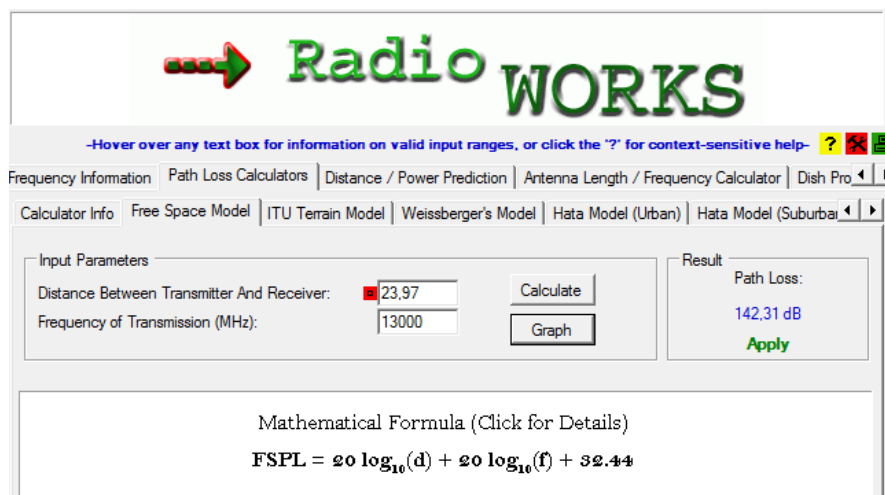
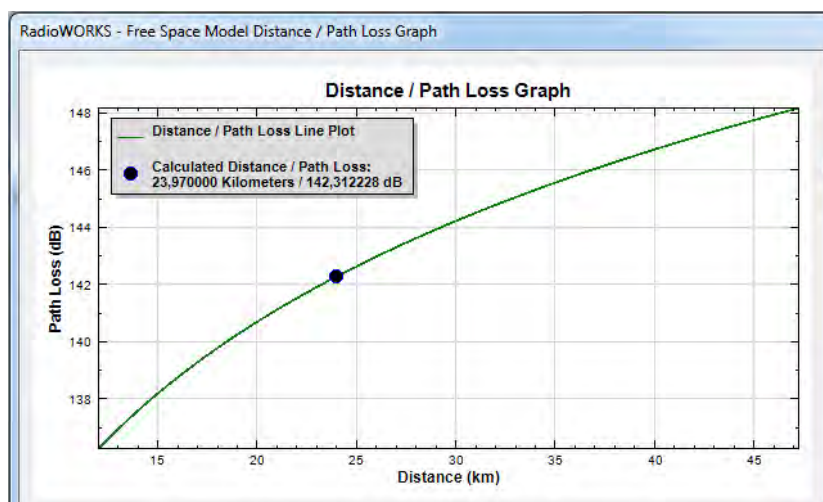
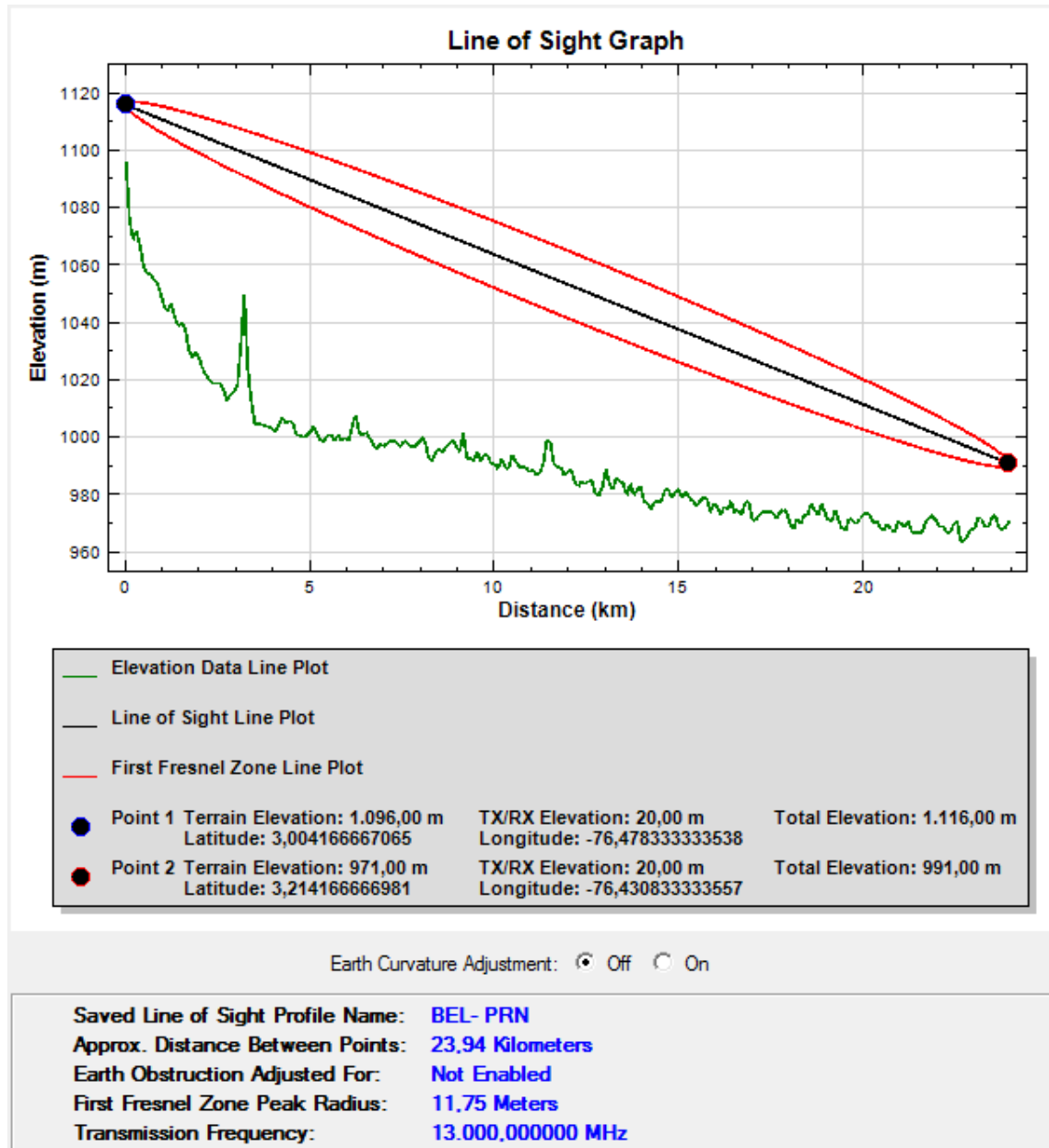


Figura 56. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)



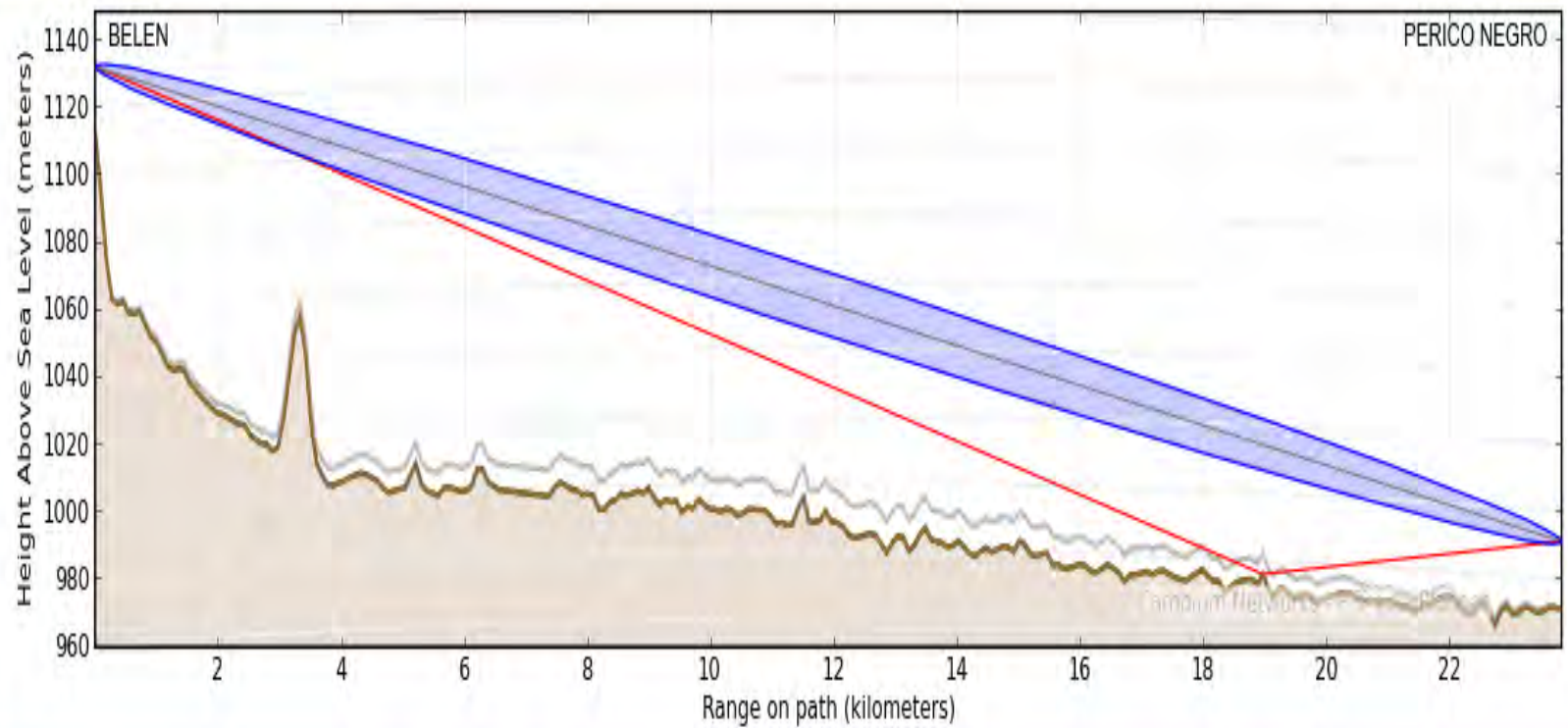
**Figura 57. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)- Radio Works**



**Figura 58. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)- Link Planner Motorola**

Link: BELEN to PERICO NEGRO

Profile: 23.8 kilometers, Line-of-Sight



**Figura 59. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)**

The screenshot shows the LinkCalc software interface with the following parameters:

Path Parameters	
Frequency, GHz	12.200-13.250
Path Distance km	23.97
Free Space Loss, dB	142.15

Transmit Parameters (Site A)	
Tx Site Name	Site A
Gain, dBi	35.50
Antenna	P2-122
Trans. Line	EW127A
Length m	20
Line Loss, dB	2.26
TX Power, dBm	27.00

Receive Parameters (Site B)	
Rx Site Name	Site B
Gain, dBi	35.50
Antenna	P2-122
Trans. Line	EW127A
Length m	20.00
Line Loss, dB	2.26
Threshold, dBm	-96.00

Receive Signal Level	
RSL, dBm	-48.68
Fade Margin, dB	47.32

$$G_s = 27 + 96 \geq 47.32 + 142.15 + 2.26 + 2.26 - 35.50 - 35.50$$

$$G_s = 123 \geq 123 \text{ dB}$$

El diámetro de la antena se puede detallar en la figura 22, las pérdidas de la guía de onda en la figura 23 del ejemplo modelo.

**Figura 60. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Belén (BEL) y Perico Negro (PNG)**





## Anexo B. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)

Figura 61. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)

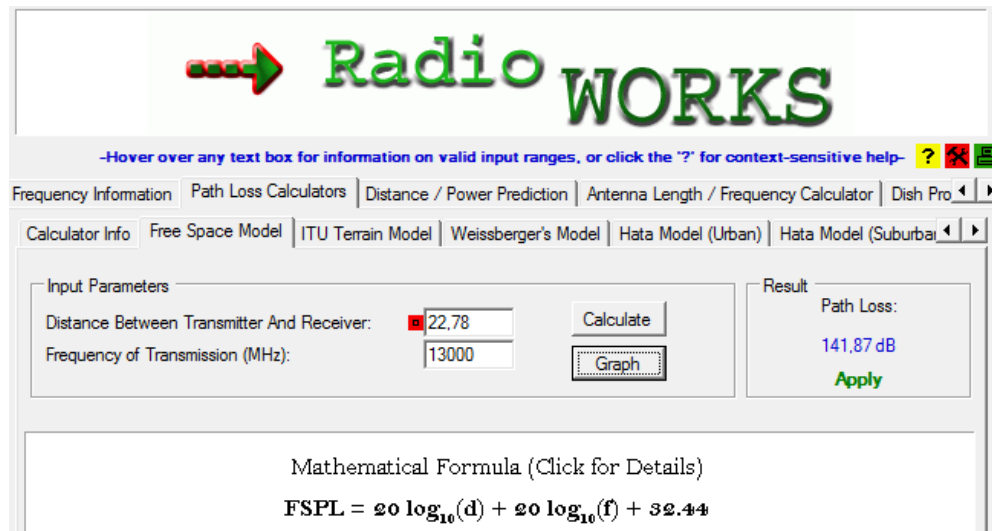
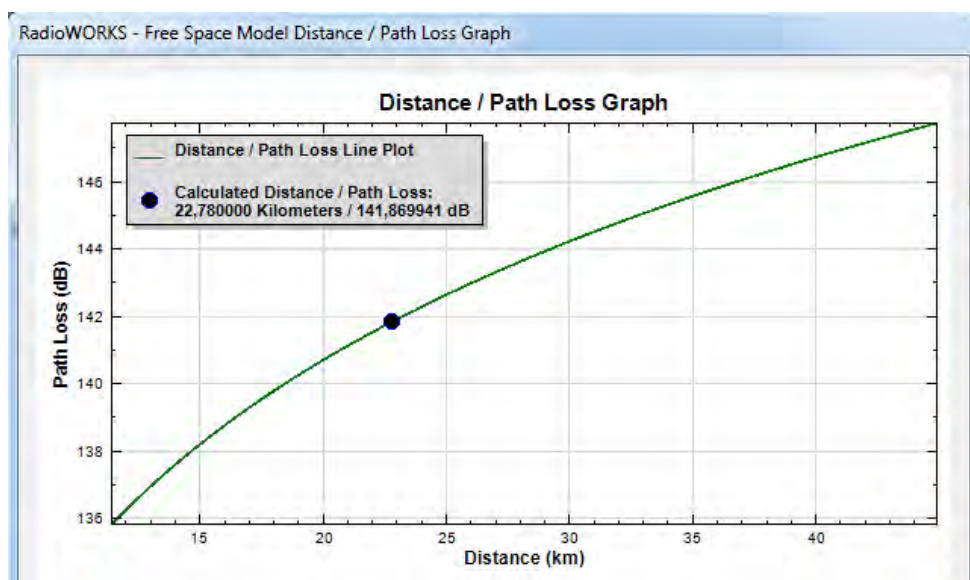
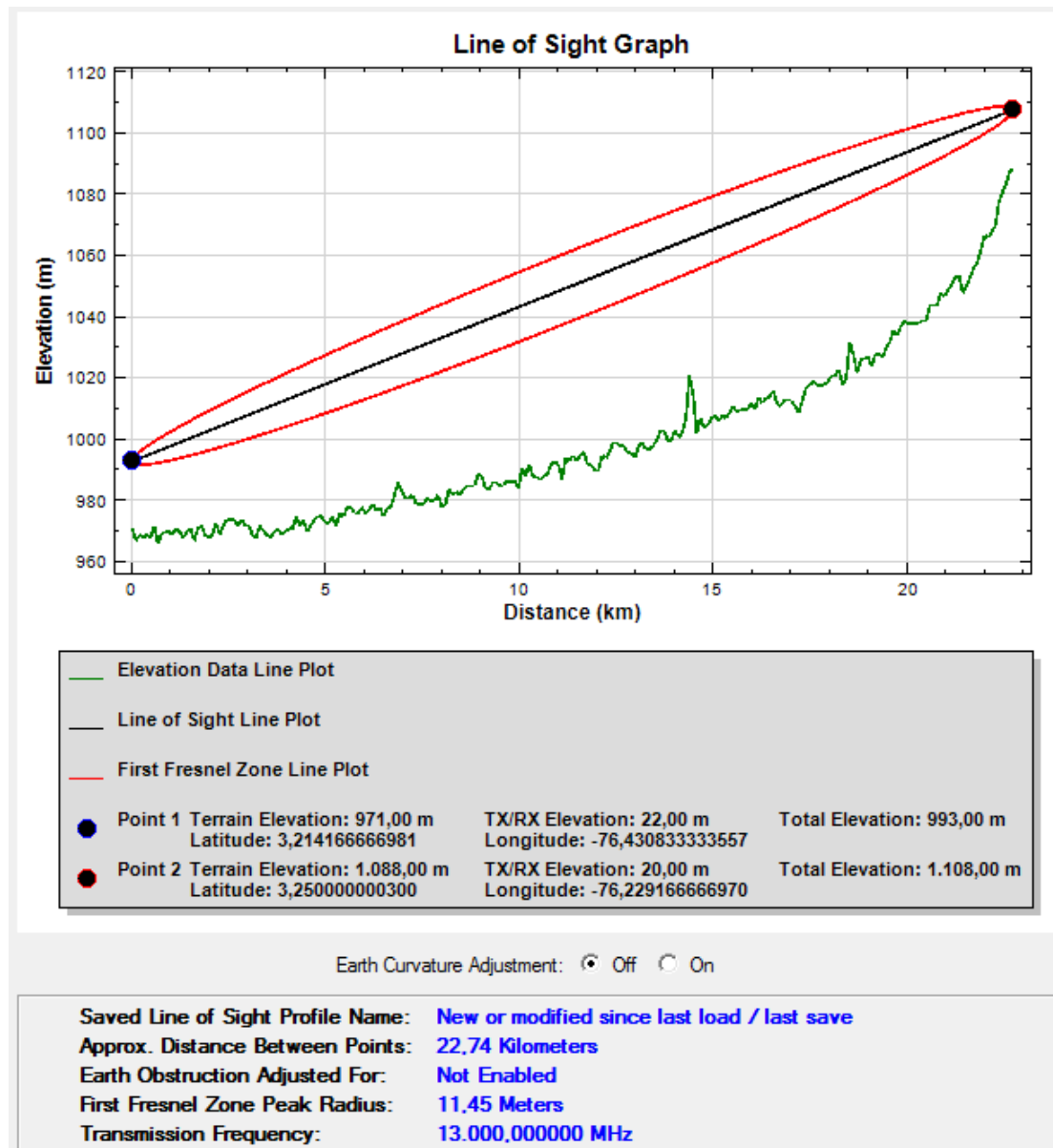


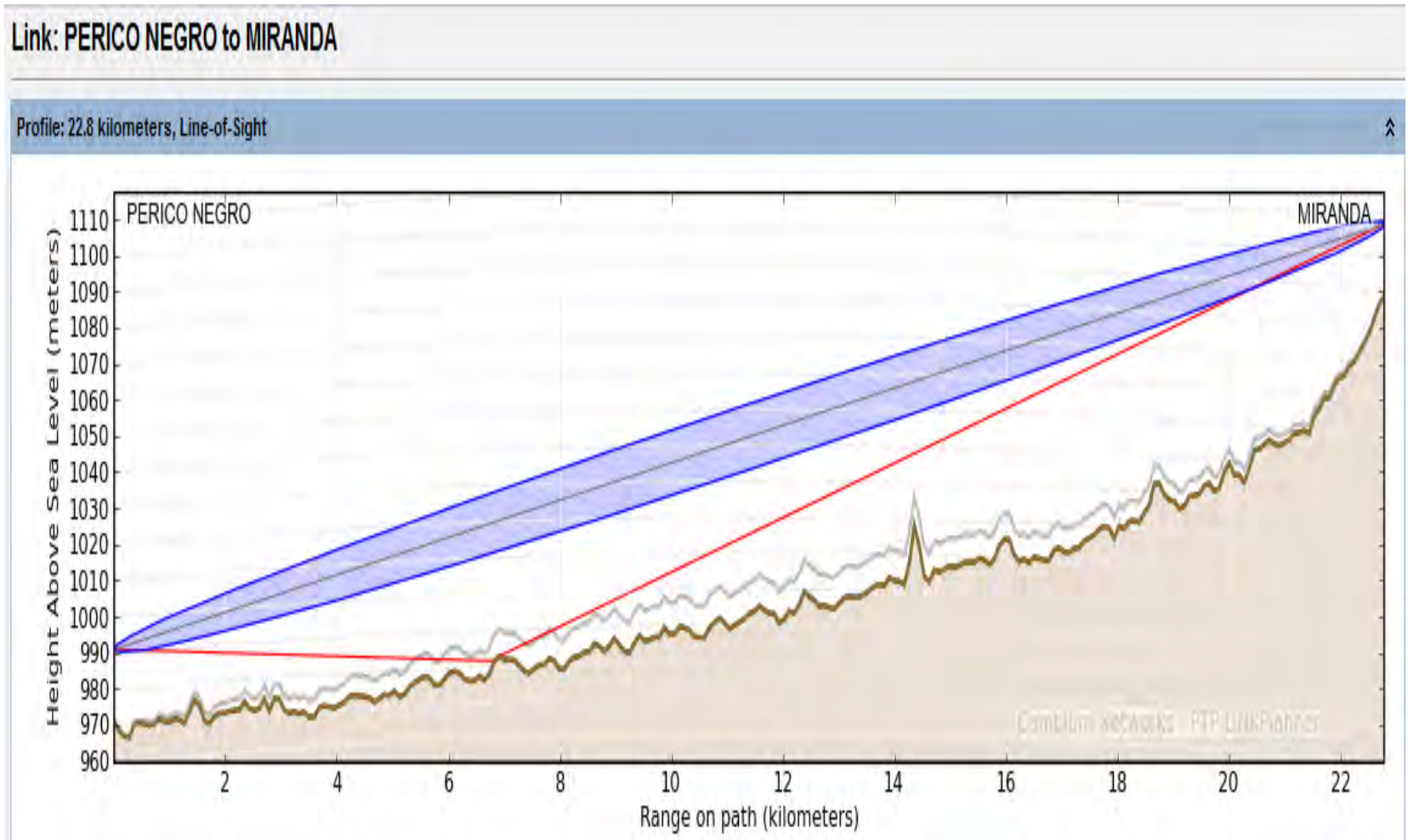
Figura 62. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)



**Figura 63. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)- Radio Works**



**Figura 64. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)- Link Planner Motorola**





**Figura 65. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Miranda (MIR)**

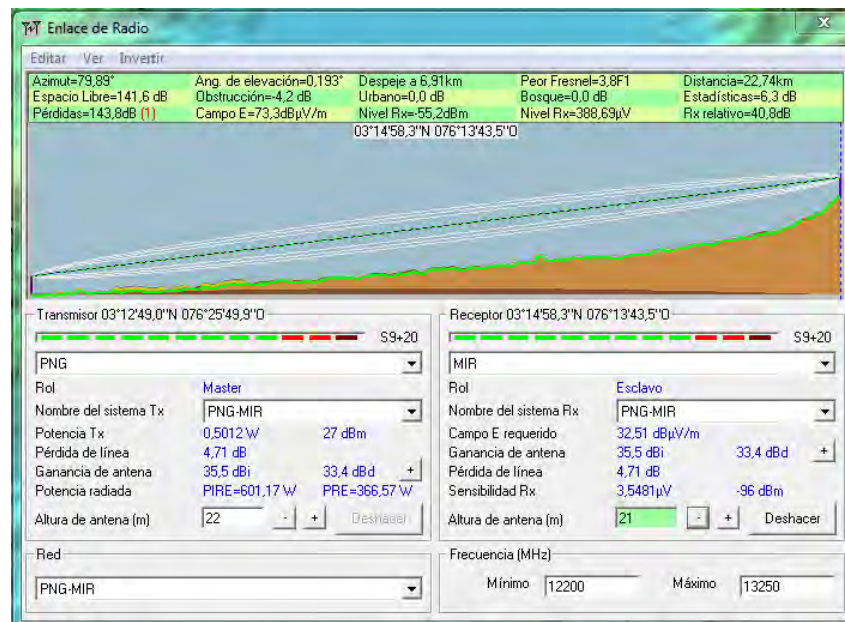
The screenshot shows the LinkCalc software interface with the following parameters:

- Path Parameters:**
  - Frequency, GHz: 12.200-13.250
  - Path Distance km: 22.78
  - Free Space Loss, dB: 141.71
- Transmit Parameters (Site A):**
  - Tx Site Name: Site A
  - Gain, dBi: 35.50
  - Antenna: P2-122
  - Trans. Line: EW127A
  - Length m: 22.00
  - Line Loss, dB: 2.45
  - TX Power, dBm: 27.00
- Receive Parameters (Site B):**
  - Rx Site Name: Site B
  - Gain, dBi: 35.50
  - Antenna: P2-122
  - Trans. Line: EW127A
  - Length m: 20.00
  - Line Loss, dB: 2.26
  - Threshold, dBm: -96.00
- Receive Signal Level:**
  - RSL, dBm: -48.43
  - Fade Margin, dB: 47.57

$$G_s = 27 + 96 \geq 47.57 + 141.71 + 2.45 + 2.26 - 35.50 - 35.50$$

$$G_s = 123 \geq 123 \text{ dB}$$

**Figura 66. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y miranda (MIR)**



## Anexo C. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)

Figura 67. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)

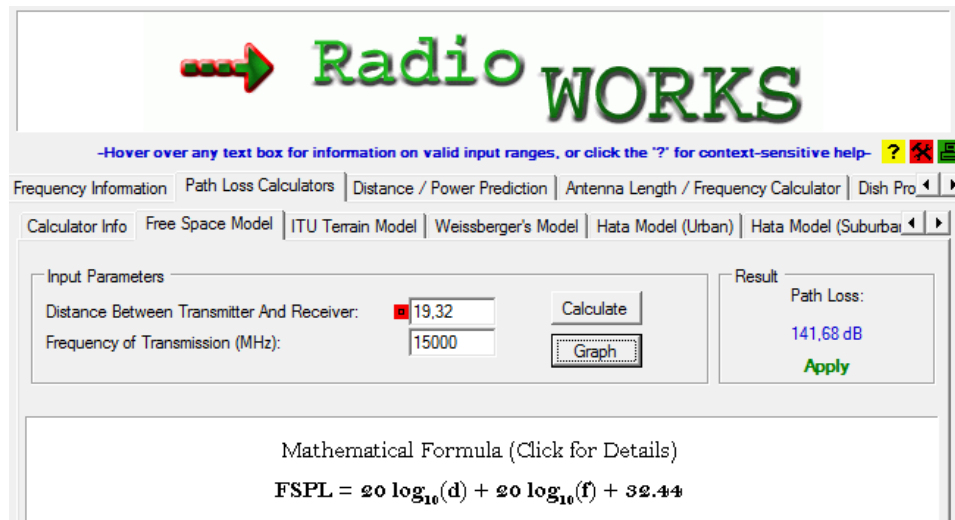
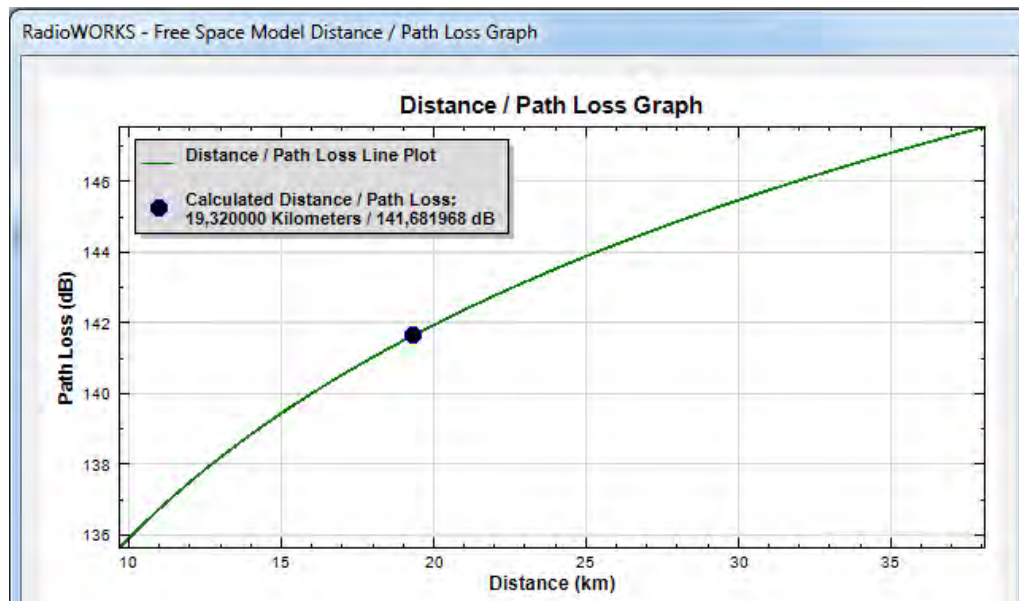
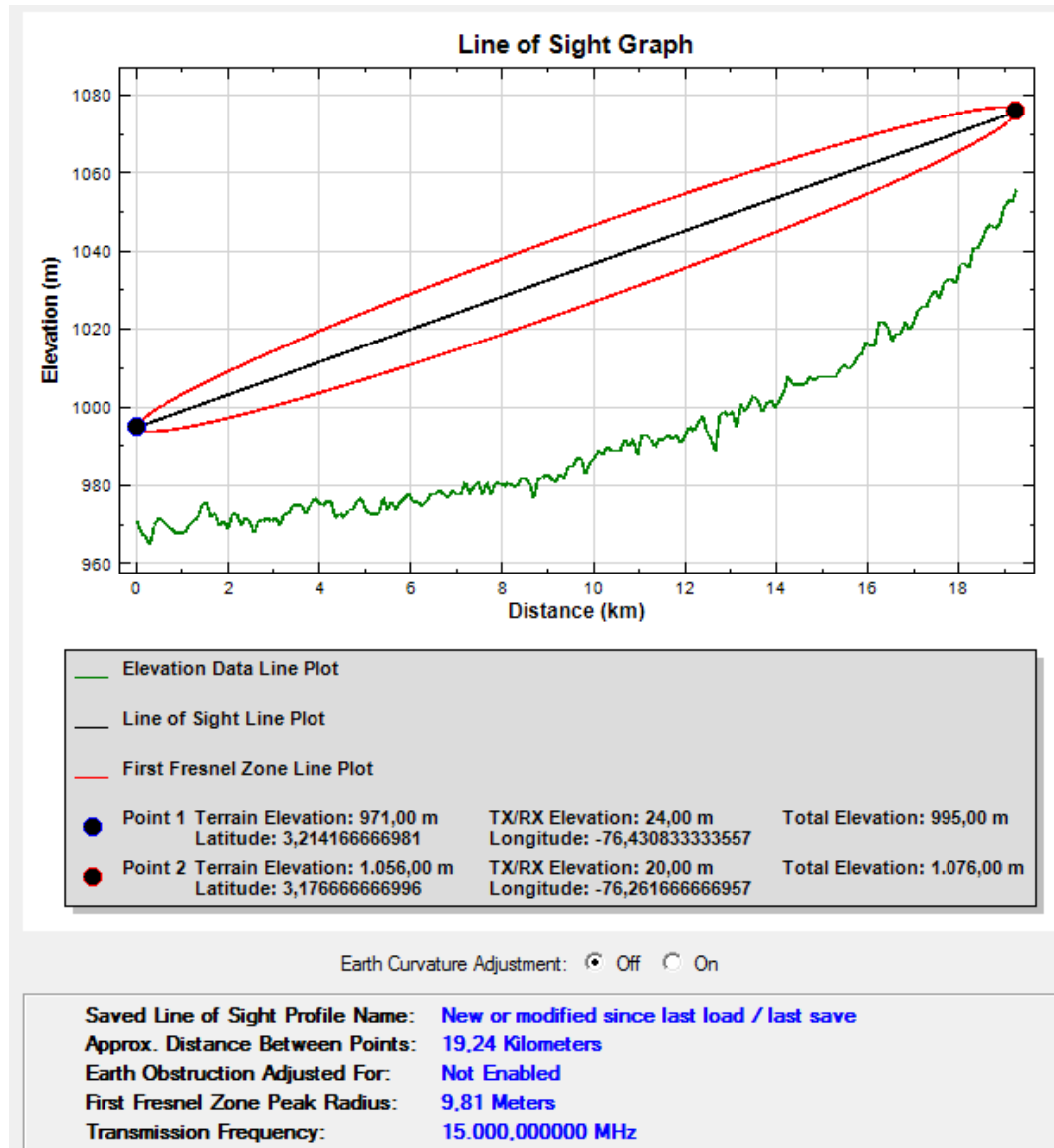


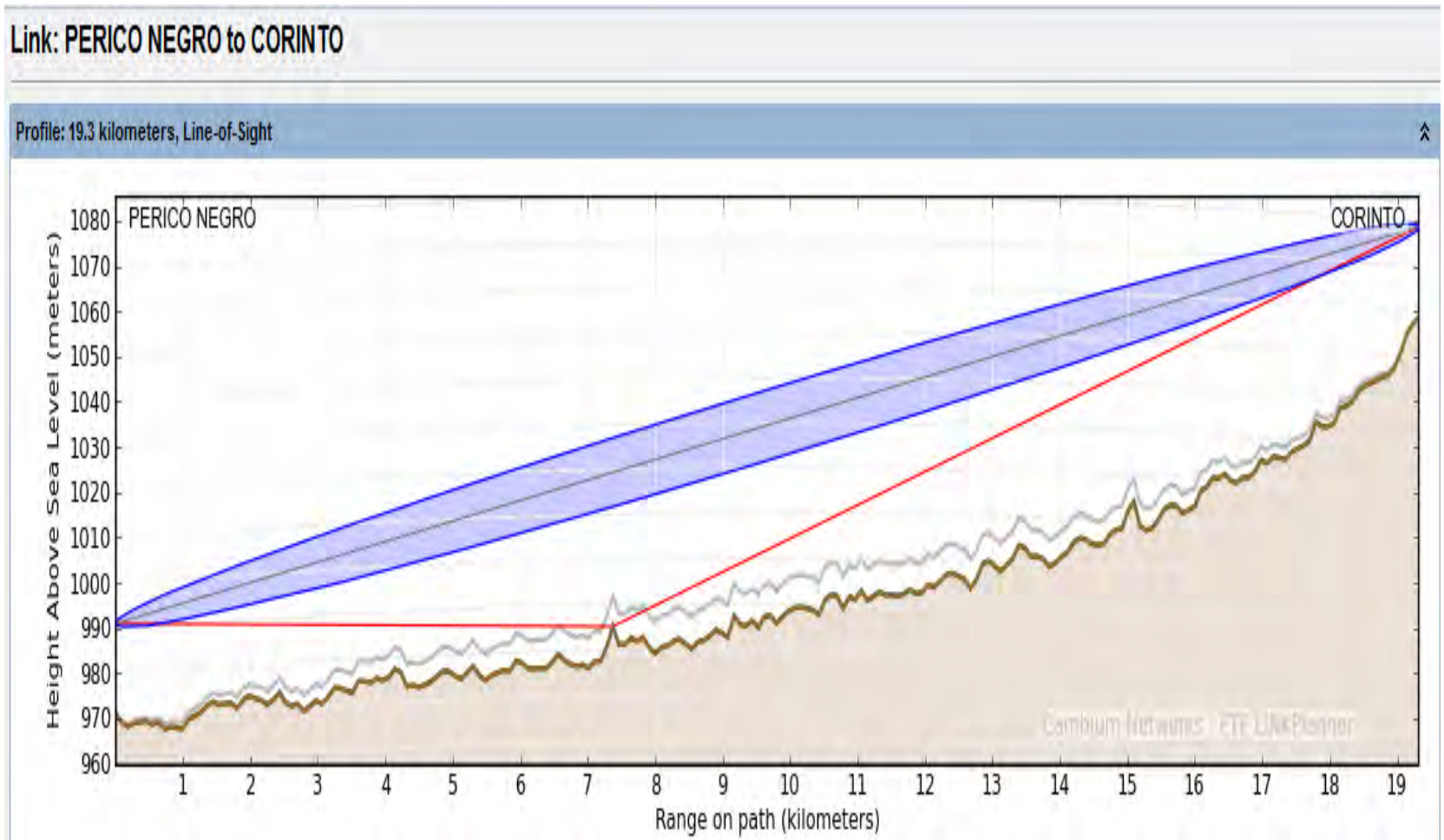
Figura 68. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)



**Figura 69. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)- Radio Works**



**Figura 70. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)- Link Planner Motorola**



**Figura 71. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Corinto (COR)**

The screenshot shows the LinkCalc software interface with the following parameters:

Path Parameters	
Frequency, GHz	14.250-15.350
Path Distance km	19.32
Free Space Loss, dB	141.59

Transmit Parameters (Site A)	
Tx Site Name	Site A
Gain, dBi	36.80
Antenna	VHLP2-15
Trans. Line	EW132-144
Length m	24.00
Line Loss, dB	4.16
TX Power, dBm	27.00

Receive Parameters (Site B)	
Rx Site Name	Site B
Gain, dBi	36.80
Antenna	VHLP2-15
Trans. Line	EW132-144
Length m	20.00
Line Loss, dB	3.53
Threshold, dBm	-94.00

Receive Signal Level	
RSL, dBm	-48.69
Fade Margin, dB	45.31

$$Gs = 27 + 94 \geq 45.31 + 141.59 + 4.16 + 3.53 - 36.80 - 36.80$$

$$Gs = 121 \geq 121 \text{ dB}$$

**Figura 72. Dimensiones de la antena VHLP2-15**

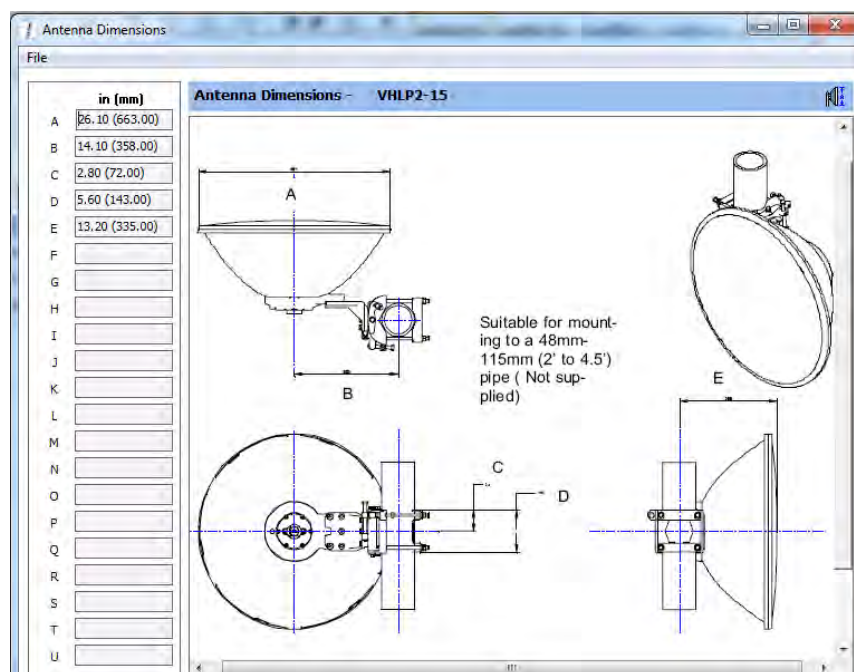




Figura 73. Guía de onda elíptica EWP132

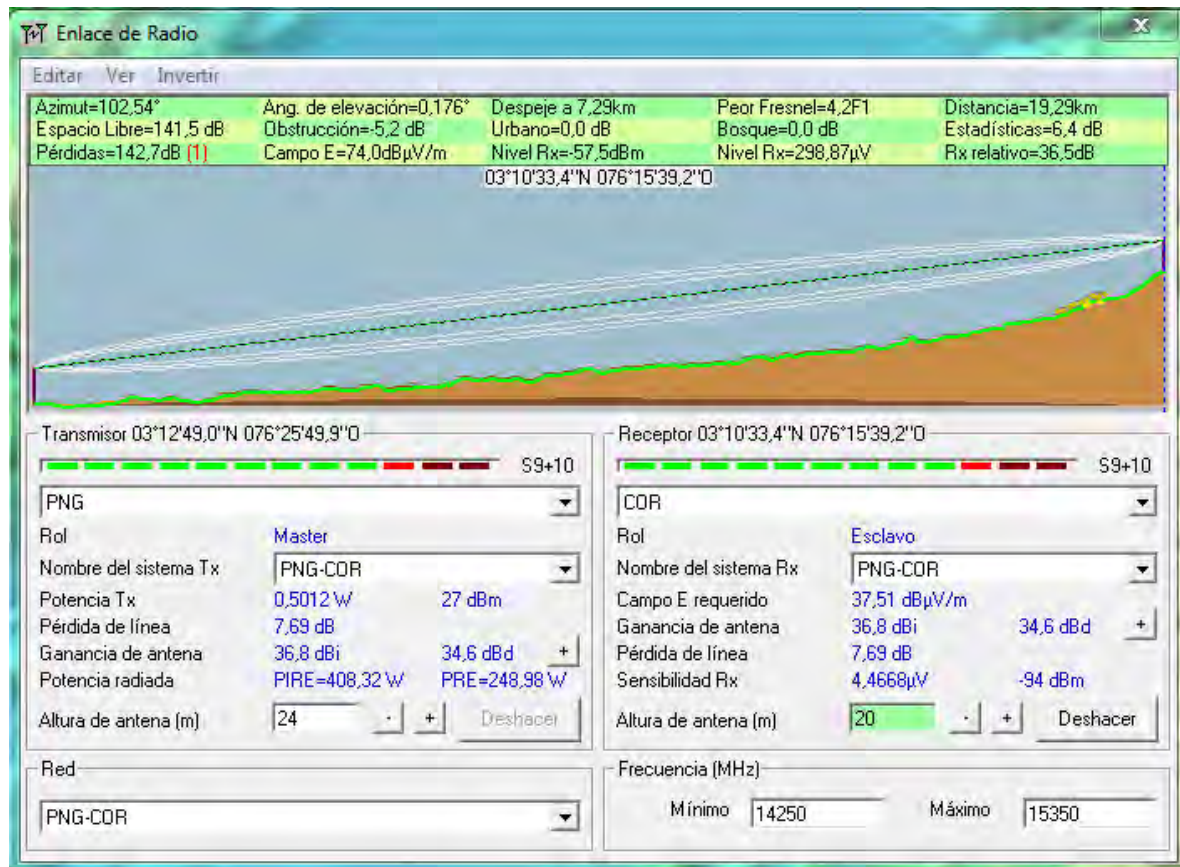


Tabla 5. Atenuaciones guía de onda elíptica ewp132 para el rango de frecuencia entre 11 GHz y 15.35 GHz

**Attenuation, Average Power, Group Velocity**

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
11.0	7.06 (23.20)	0.58	54.4
11.5	6.35 (20.80)	0.65	59.8
12.0	5.89 (19.30)	0.70	64.0
12.5	5.56 (18.30)	0.74	70.5
13.0	5.32 (17.40)	0.73	70.5
13.5	5.13 (16.80)	0.80	73.0
14.0	4.98 (16.34)	0.83	75.9
14.2	4.93 (16.17)	0.83	76.6
14.4	4.88 (16.02)	0.84	77.4
14.6	4.84 (15.87)	0.85	78.1
14.8	4.80 (15.74)	0.86	78.8
15.0	4.76 (15.62)	0.87	79.4
15.2	4.72 (15.50)	0.87	80.0
15.35	4.70 (15.42)	0.88	80.4

**Figura 74. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y corinto (COR)**



## Anexo D. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)

Figura 75. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)

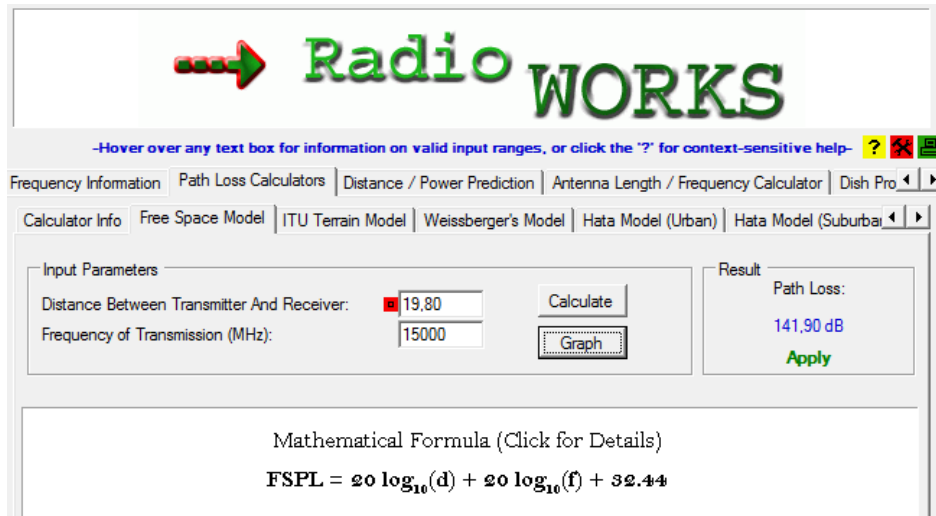
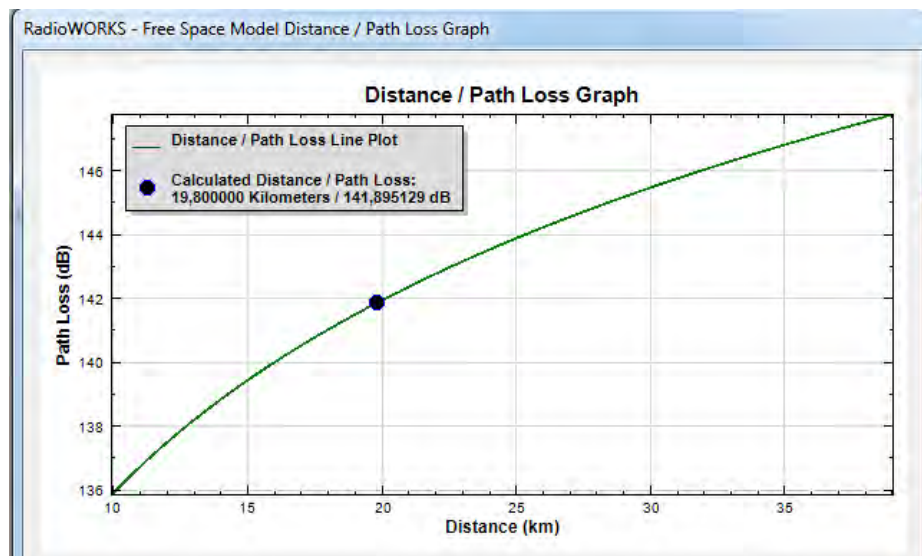
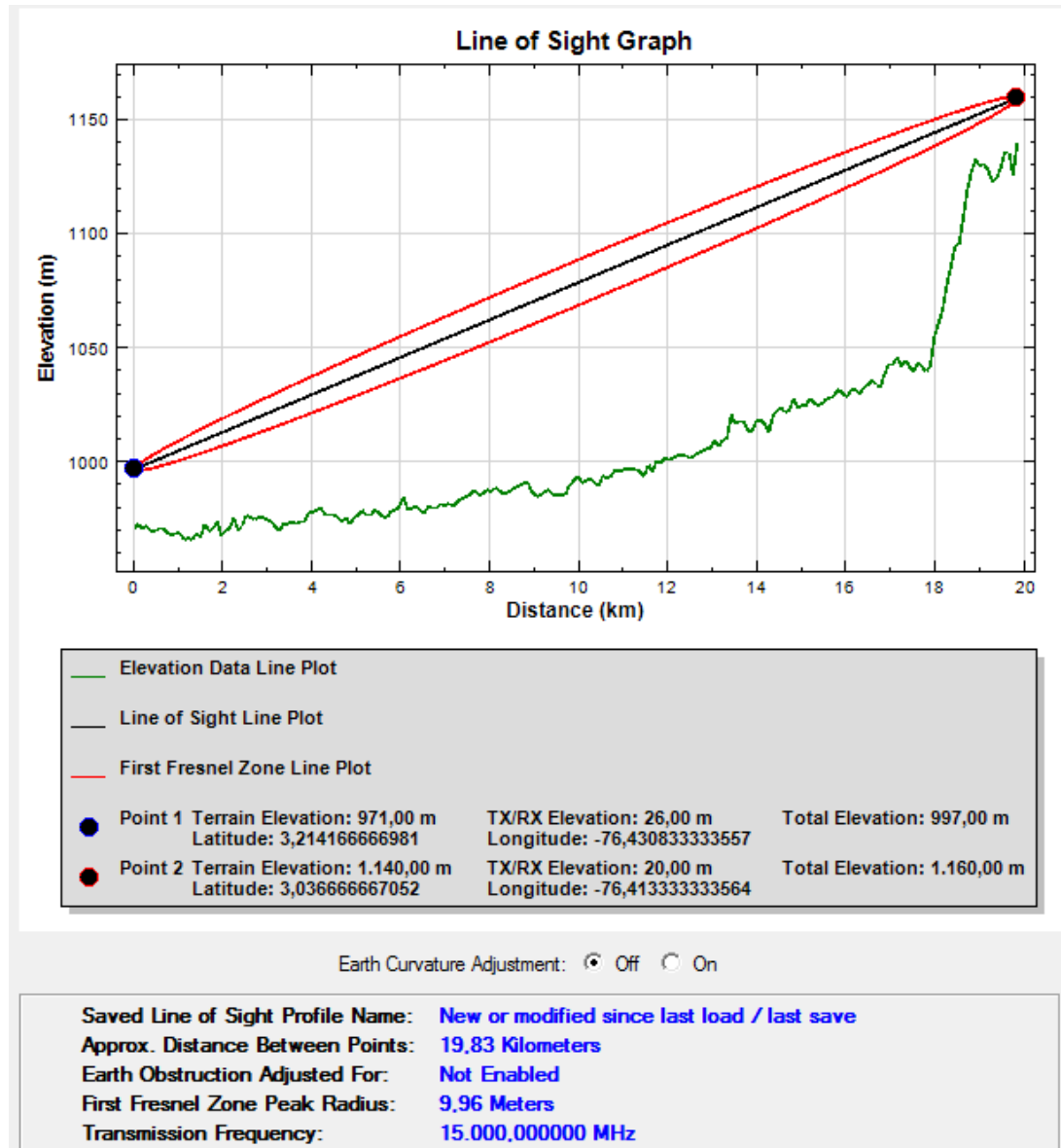


Figura 76. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)





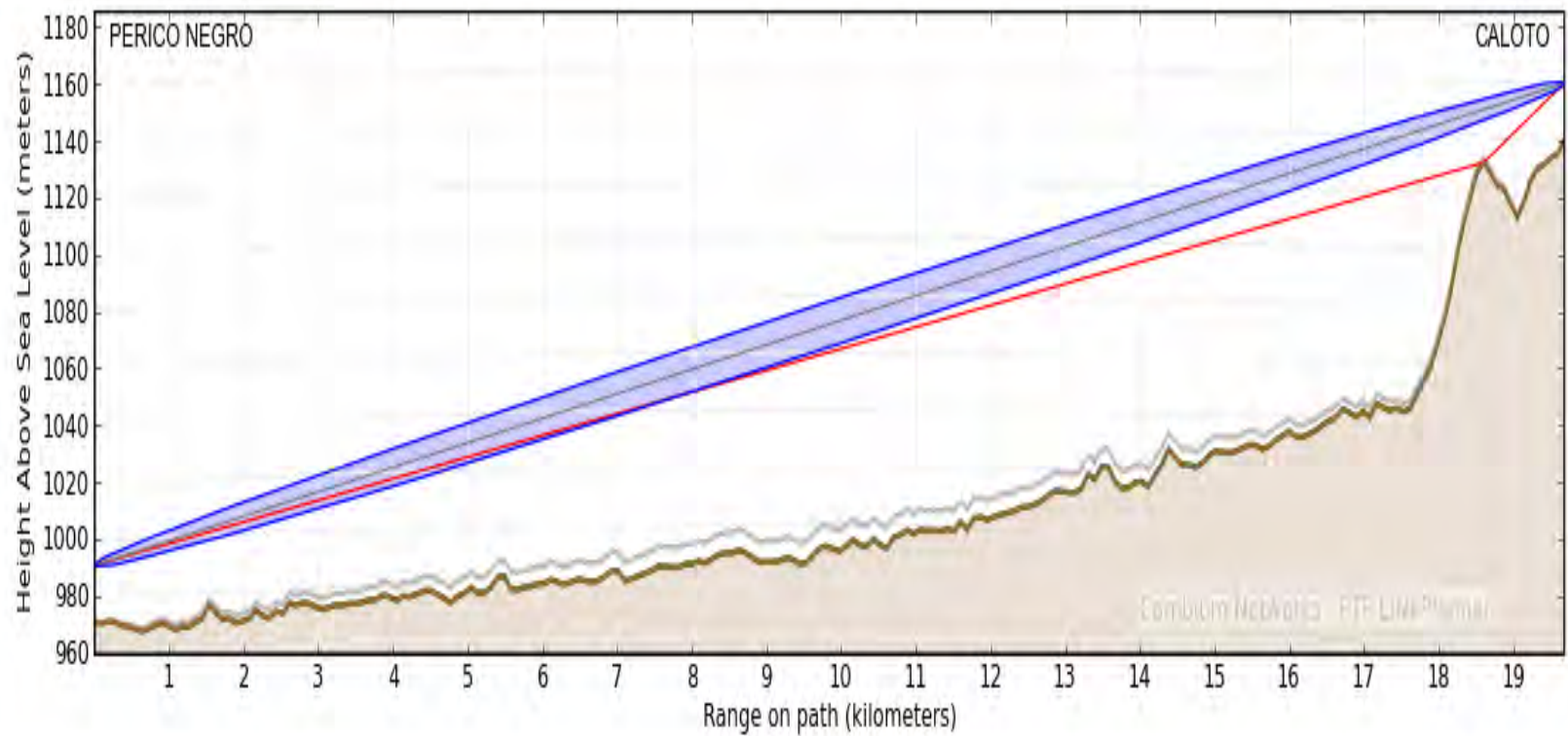
**Figura 77. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)- Radio Works**



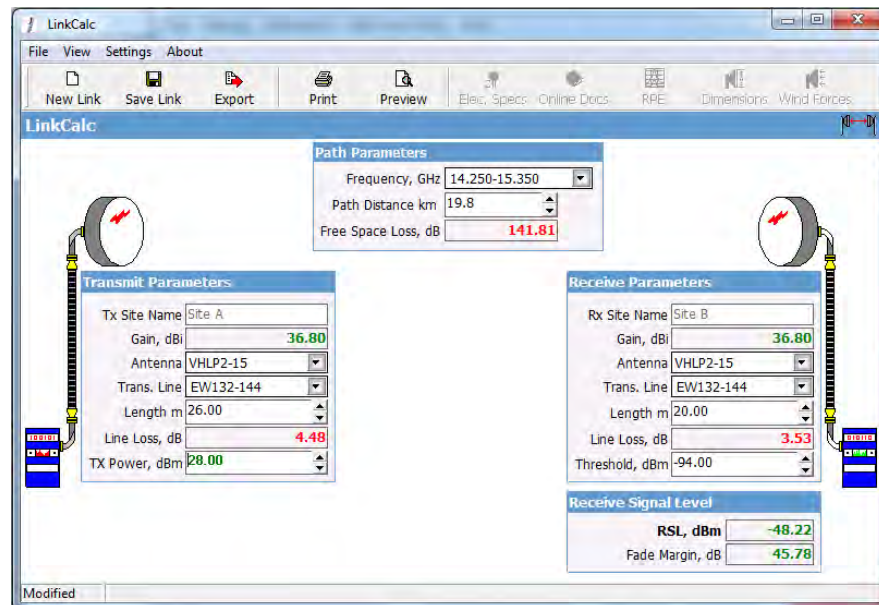
**Figura 78. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)- Link Planner Motorola**

Link: PERICO NEGRO to CALOTO

Profile: 19.7 kilometers, Line-of-Sight



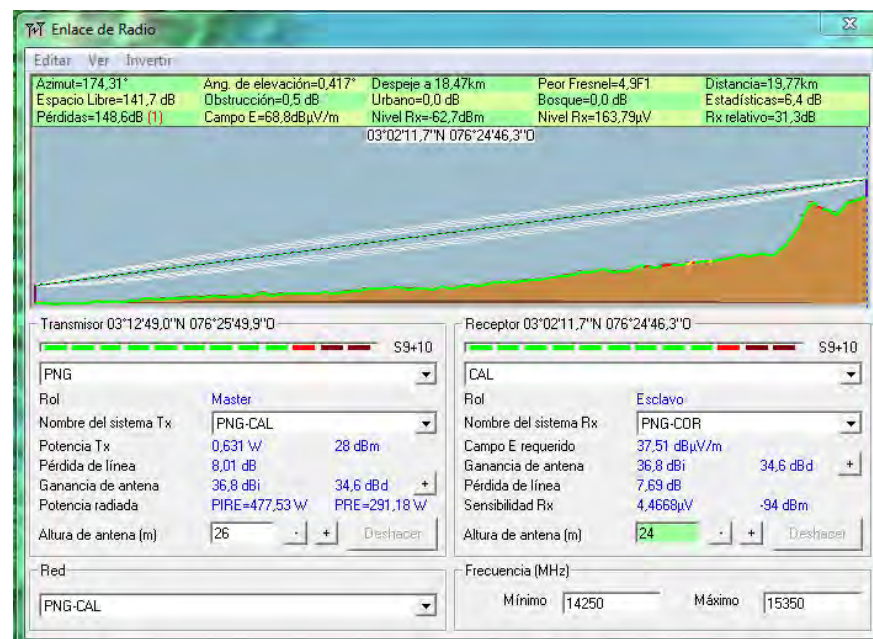
**Figura 79. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)**



$$G_s = 28 + 94 \geq 45.78 + 141.81 + 4.48 + 3.53 - 36.80 - 36.80$$

$$G_s = 122 \geq 122 \text{ dB}$$

**Figura 80. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Caloto (CAL)**



## Anexo E. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)

Figura 81. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)

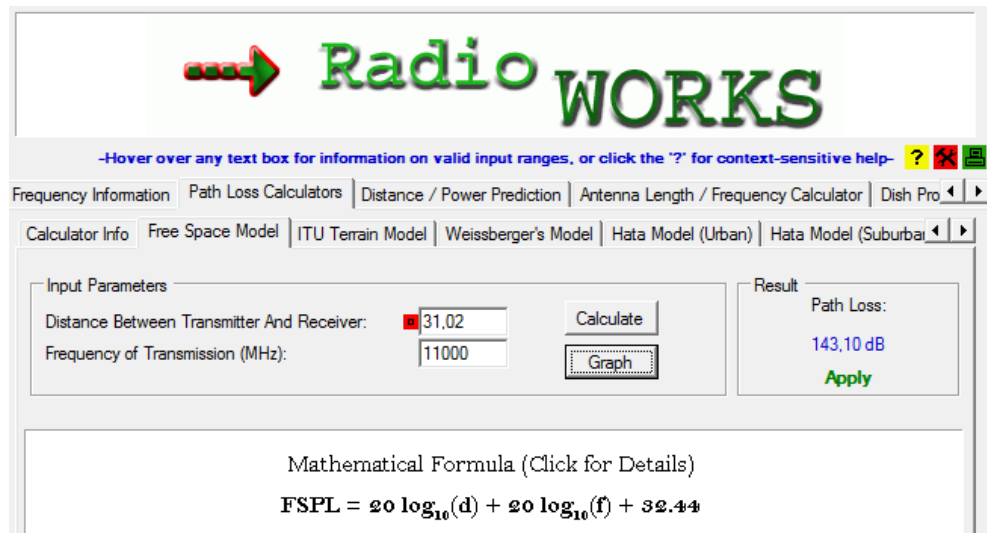
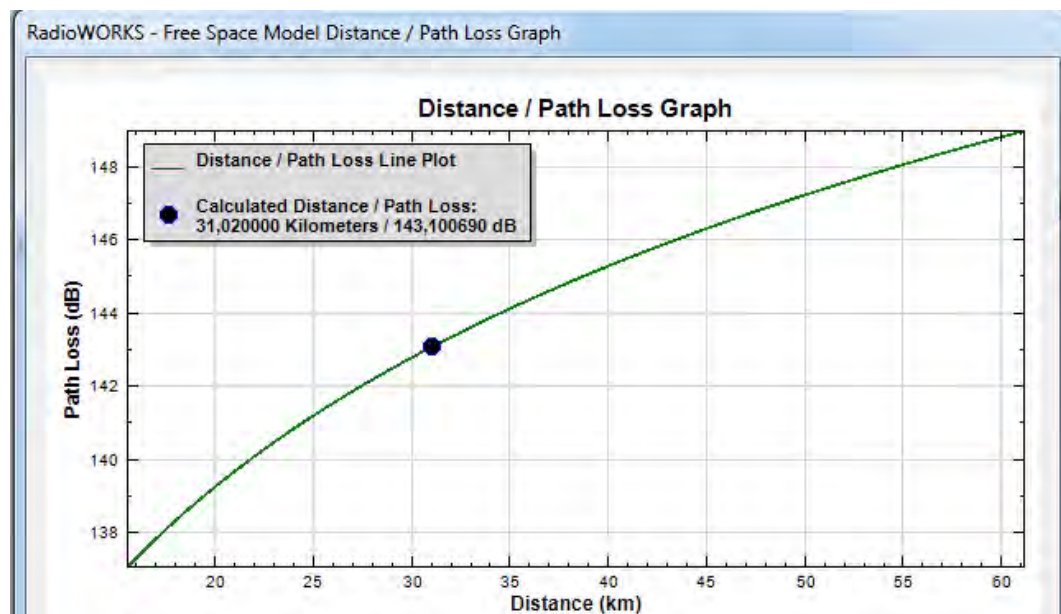
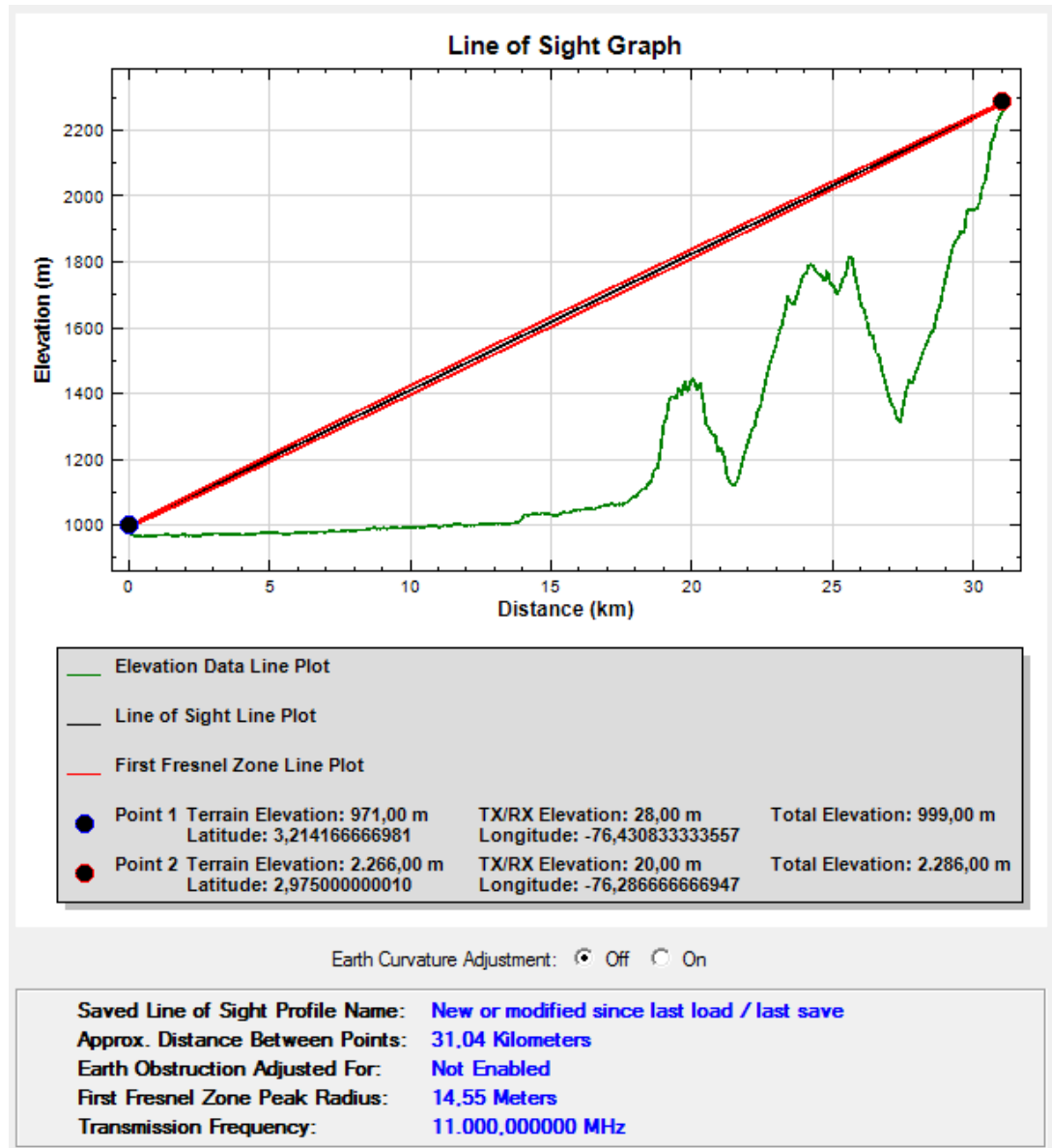


Figura 82. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)

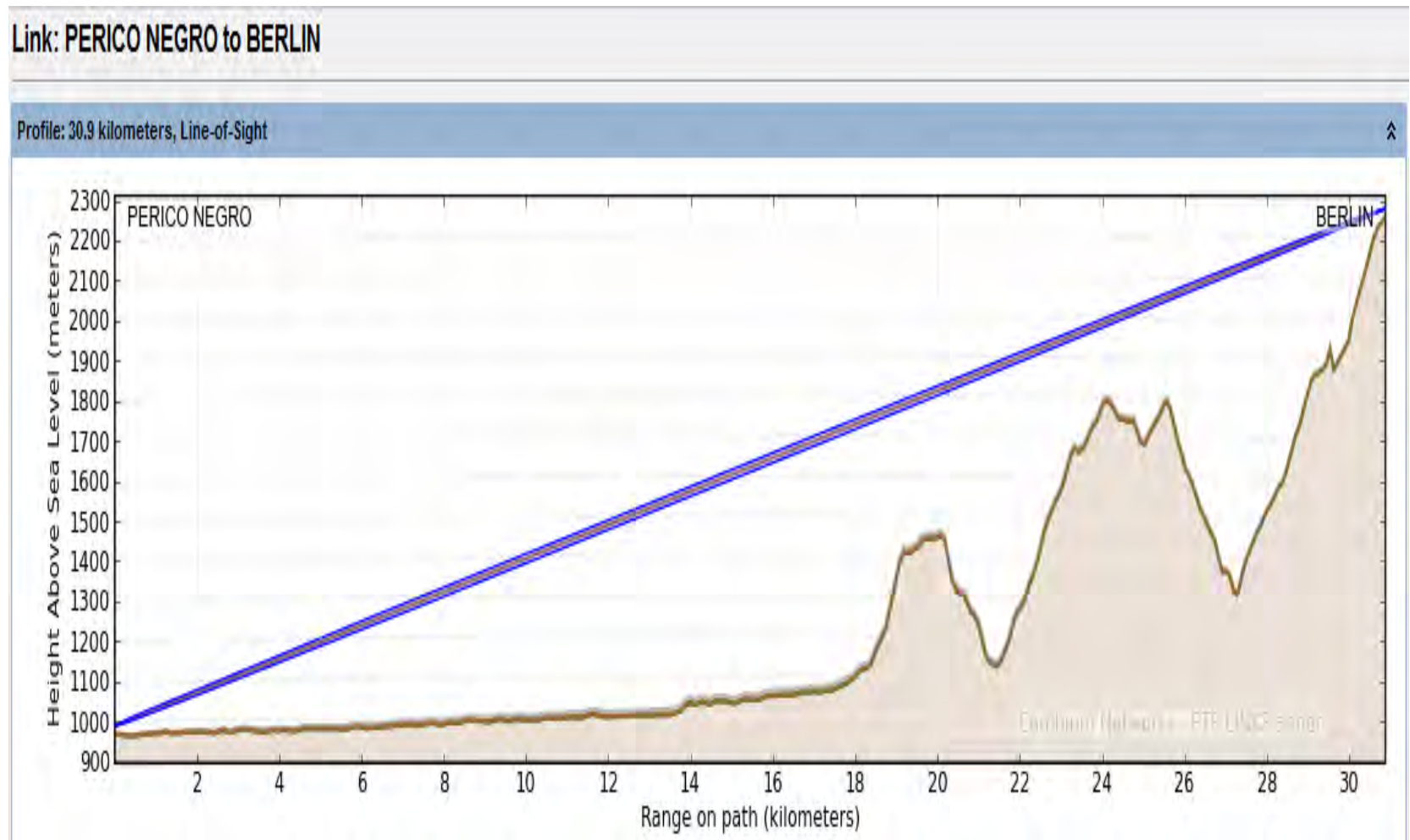


**Figura 83. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)- Radio Works**





**Figura 84. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)- Link Planner Motorola**



**Figura 85. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)**

The screenshot shows the LinkCalc software interface with the following parameters:

Parameter	Value
Frequency, GHz	10.700-11.700
Path Distance km	31.02
Free Space Loss, dB	143.29
<b>Tx Site Name</b>	<b>Site A</b>
Gain, dBi	37.50
Antenna	VHLP2.5-11
Trans. Line	EW90
Length m	28.00
Line Loss, dB	3.15
TX Power, dBm	30.00
<b>Rx Site Name</b>	<b>Site B</b>
Gain, dBi	37.50
Antenna	VHLP2.5-11
Trans. Line	EW90
Length m	20.00
Line Loss, dB	2.34
Threshold, dBm	-97.00
<b>Receive Signal Level</b>	
RSL, dBm	-43.78
Fade Margin, dB	53.22

$$G_s = 30 + 97 \geq 53.22 + 143.29 + 3.15 + 2.34 - 37.50 - 37.50$$

$$G_s = 127 \geq 127 \text{ dB}$$

**Figura 86. Dimensiones de la antena VHLP2.5-11**

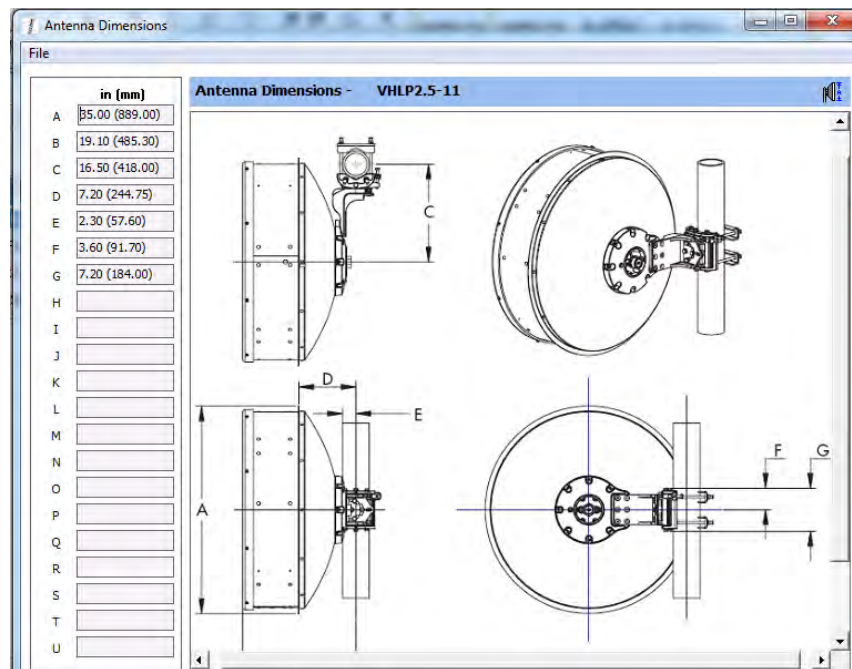


Figura 87. Guía de onda elíptica EWP90

### Elliptical Waveguide

*Types EWP90S, EWP90 and EW90*



#### Characteristics

Type Numbers	
Super Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP90S
Premium Waveguide, Standard Jacket	EWP90
Standard Waveguide, Standard Jacket	EW90

Tabla 6. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP90 para el rango de frecuencia entre 8.3 GHz y 11.7 GHz

#### Attenuation, Average Power, Group Velocity

Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
8.3	4.20 (13.8)	1.17	62.2
8.8	3.79 (12.4)	1.29	67.4
9.3	3.53 (11.6)	1.39	71.5
9.8	3.35 (11.0)	1.46	74.8
10.3	3.22 (10.6)	1.52	77.6
10.5	3.18 (10.44)	1.54	78.6
10.7	3.14 (10.31)	1.56	79.5
10.9	3.11 (10.20)	1.58	80.3
11.1	3.08 (10.10)	1.59	81.1
11.3	3.05 (10.00)	1.61	81.8
11.5	3.02 (9.92)	1.62	82.5
11.7	3.00 (9.84)	1.63	83.2

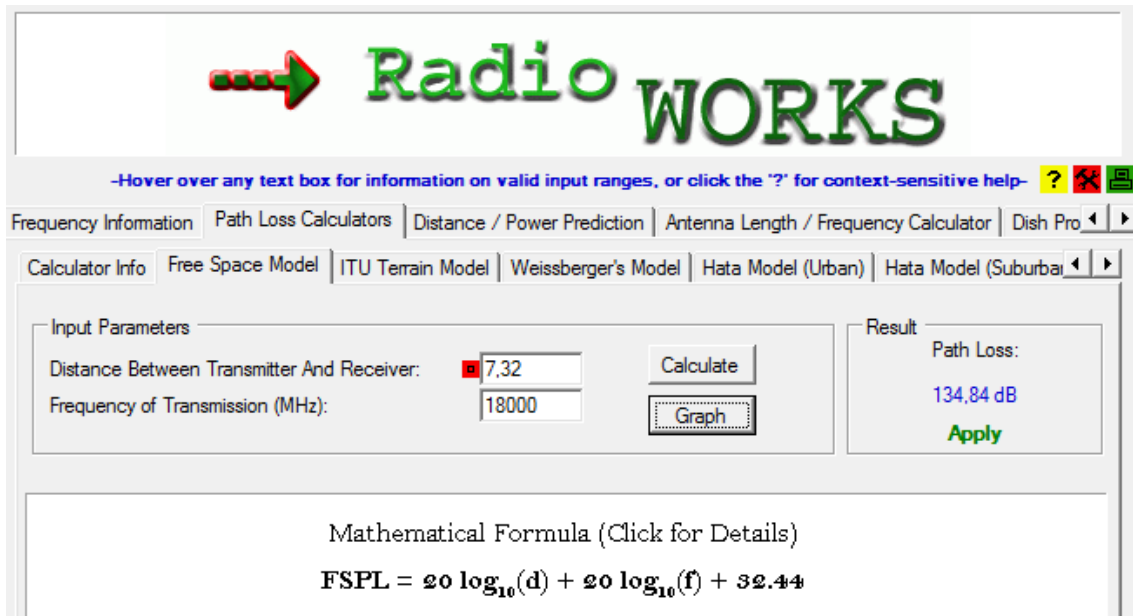


**Figura 88. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Perico Negro (PNG) y Berlín (BER)**



## Anexo F. Simulación de radio enlace microondas entre las estaciones de radio de Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC).

Figura 89. Simulación de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Berlín (BER) e IPS-I Tacueyó (ITAC)



**RadioWORKS**

-Hover over any text box for information on valid input ranges, or click the "?" for context-sensitive help

Frequency Information | Path Loss Calculators | Distance / Power Prediction | Antenna Length / Frequency Calculator | Dish Pro

Calculator Info | Free Space Model | ITU Terrain Model | Weissberger's Model | Hata Model (Urban) | Hata Model (Suburban)

**Input Parameters**

Distance Between Transmitter And Receiver: 7.32

Frequency of Transmission (MHz): 18000

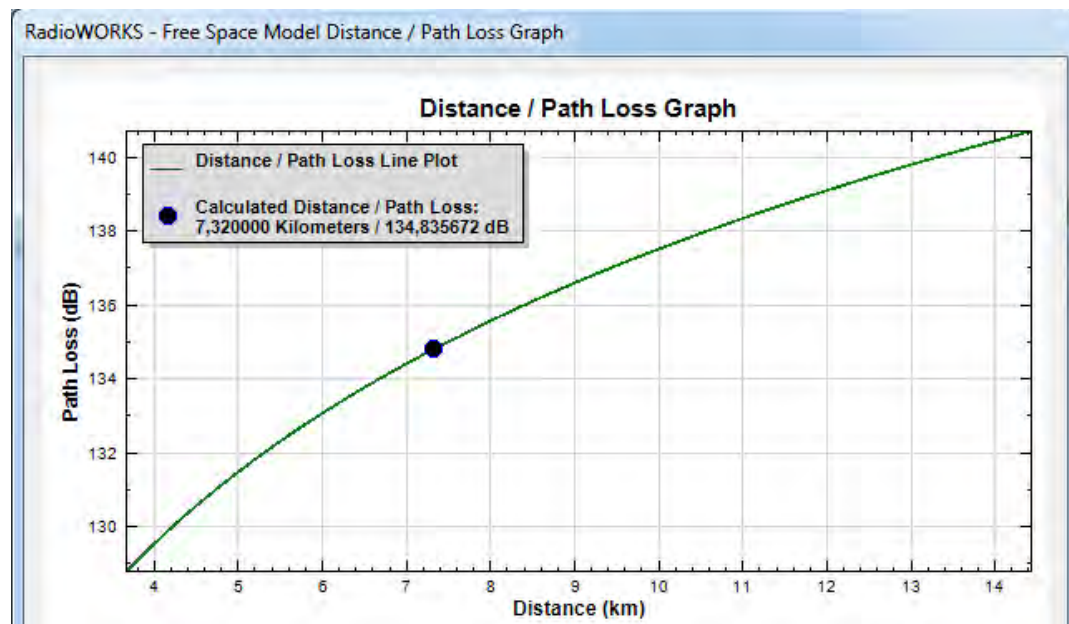
**Result**

Path Loss: 134.84 dB

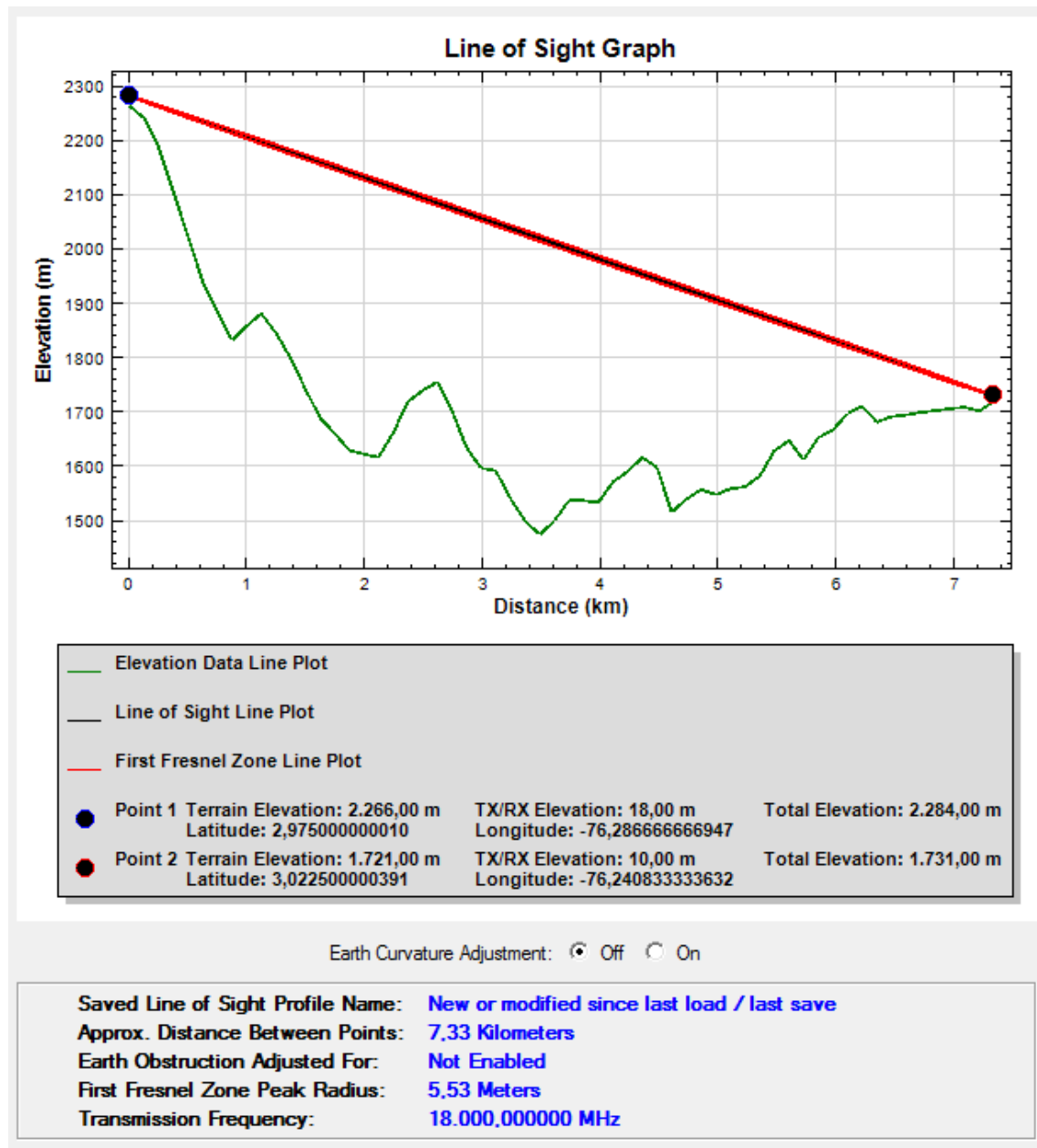
Mathematical Formula (Click for Details)

$$FSPL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32.44$$

Figura 90. Grafica de la pérdida en el espacio libre entre las estaciones de Radio, Berlín (BER) e IPS-I Tacueyó (ITAC)



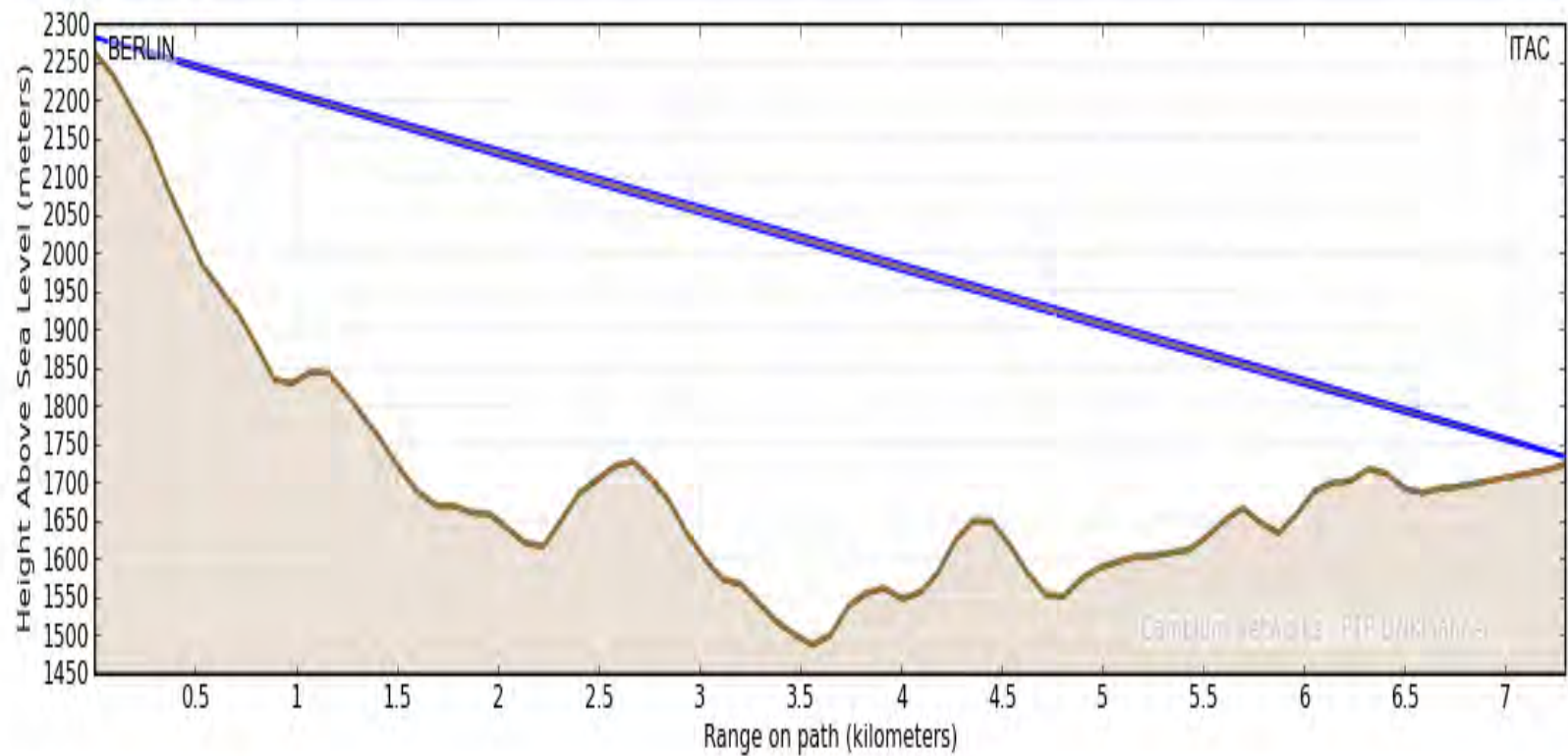
**Figura 91. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)- Radio Works**



**Figura 92. Primera zona de Fresnel entre las estaciones de radio Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)- Link Planner Motorola**

Link: BERLIN to ITAC

Profile: 7.3 kilometers, Line-of-Sight



**Figura 93. Ganancia del sistema entre las estaciones de radio Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)**

The screenshot shows the LinkCalc software interface with the following parameters:

Path Parameters	
Frequency, GHz	17.700-19.700
Path Distance km	7.32
Free Space Loss, dB	135.19

Transmit Parameters	
Tx Site Name	Site A
Gain, dBi	38.70
Antenna	VHLP2-18
Trans. Line	EW180-180
Length m	18.00
Line Loss, dB	3.92
TX Power, dBm	27.00

Receive Parameters	
Rx Site Name	Site B
Gain, dBi	38.70
Antenna	VHLP2-18
Trans. Line	EW180-180
Length m	10.00
Line Loss, dB	2.37
Threshold, dBm	74.00

Receive Signal Level	
RSL, dBm	-37.09
Fade Margin, dB	36.91

$$G_s = 27 + 74 \geq 36.91 + 135.19 + 3.92 + 2.37 - 38.70 - 38.70$$

$$G_s = 101 \geq 101 \text{ dB}$$

**Figura 94. Dimensiones de la antena VHLP2-18**

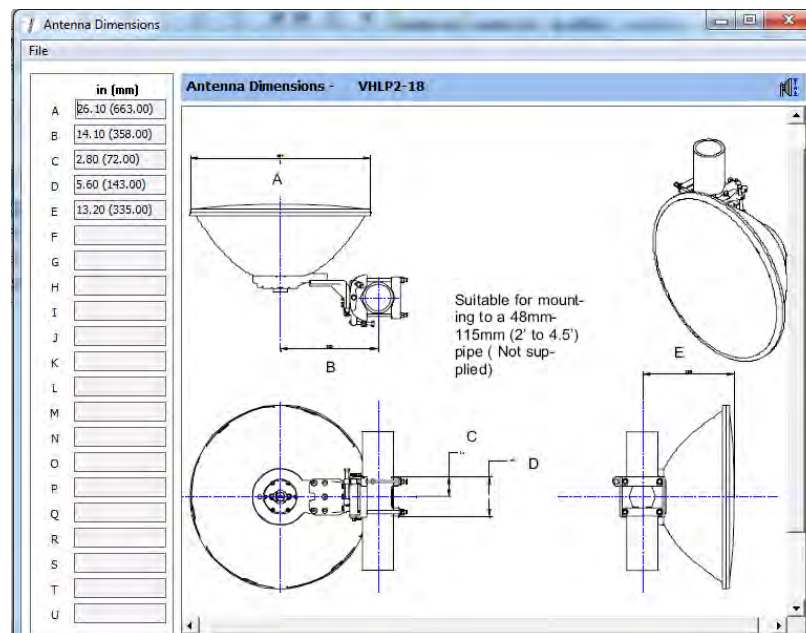




Figura 95. Guía de onda elíptica EWP180

### Elliptical Waveguide

*Types EWP180 and EW180*



#### Characteristics

##### Type Numbers

Premium Waveguide, Standard Jacket  
Standard Waveguide, Standard Jacket

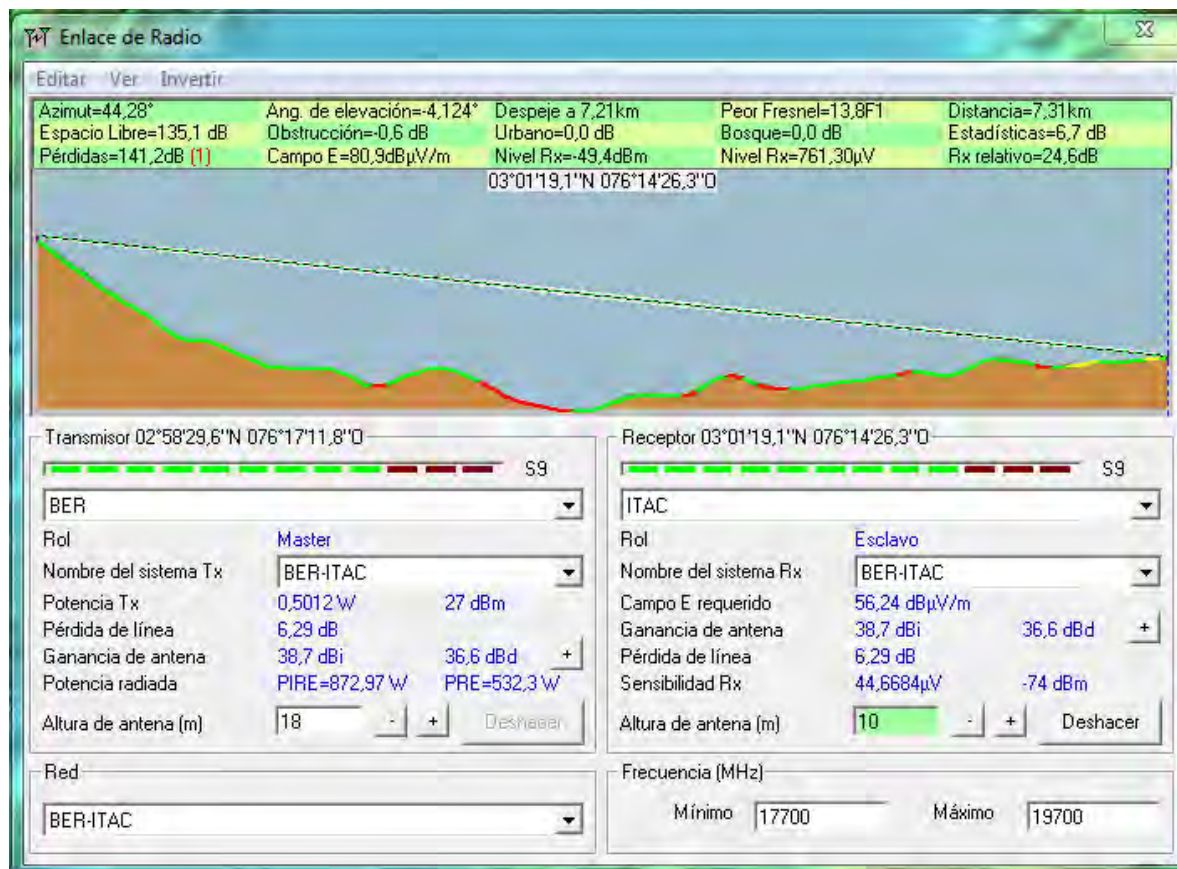
EWP180  
EW180

Tabla 7. Atenuaciones guía de onda elíptica EWP180 para el rango de frecuencia entre 14 GHz Y 19.7 GHz

#### Attenuation, Average Power, Group Velocity

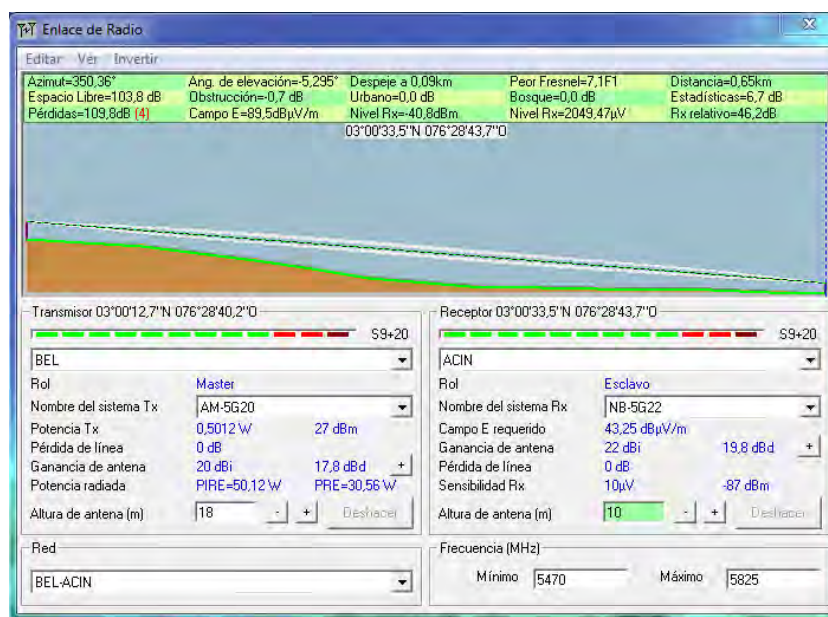
Frequency GHz	Attenuation dB/100 ft (dB/100 m)	Average Power Rating, kW	Group Velocity of Propagation, %
14	8.42 (27.63)	0.39	60.5
14.5	7.79 (25.57)	0.42	63.9
15	7.34 (24.07)	0.45	66.9
15.5	6.99 (22.95)	0.47	89.5
16	6.72 (22.06)	0.49	71.7
16.5	6.51 (21.35)	0.51	73.7
17	6.33 (20.77)	0.52	75.5
17.5	6.18( 20.28)	0.53	77.1
17.7	6.13 (20.11)	0.54	77.7
17.9	6.08 (19.95)	0.54	78.2
18.1	6.03 (19.80)	0.55	78.8
18.3	5.99 (19.66)	0.55	79.3
18.5	5.95 (19.52)	0.55	79.8
18.7	5.91 (19.40)	0.56	80.3
18.9	5.88 (19.28)	0.56	80.7
19.1	5.84 (19.17)	0.56	81.2
19.3	5.81 (19.06)	0.57	81.6
19.5	5.78 (18.96)	0.57	82.0
19.7	5.75 (18.86)	0.57	82.4

**Figura 96. Perfil del radio enlace entre las estaciones de radio de Berlín (BER) e IPS Tacueyó (ITAC)**

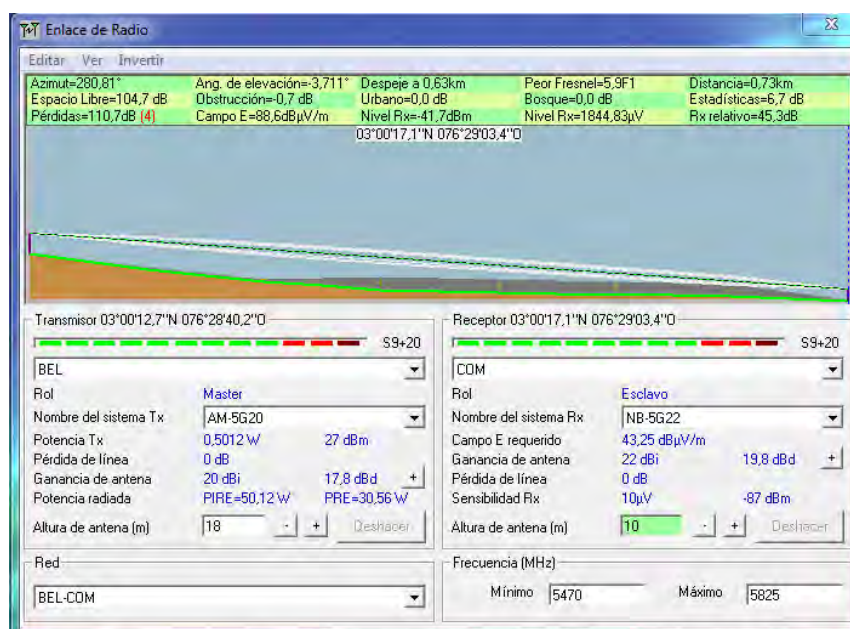


## Anexo G. Perfiles urbanos obtenidos con Radio Mobile

**Figura 97 . Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Asociacion de Cabildos Indigenas del Norte del Cauca (ACIN)**

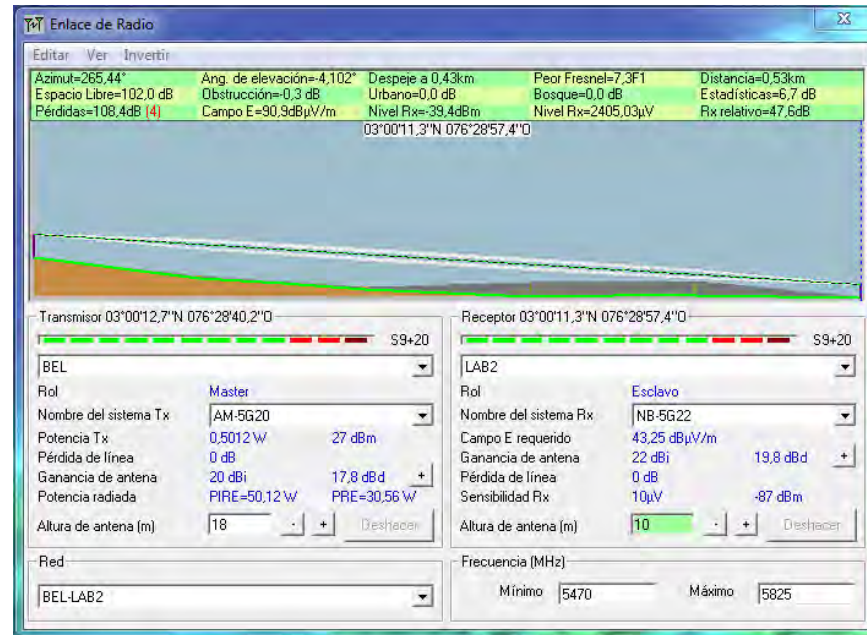


**Figura 98. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Comercializadora (COM)**

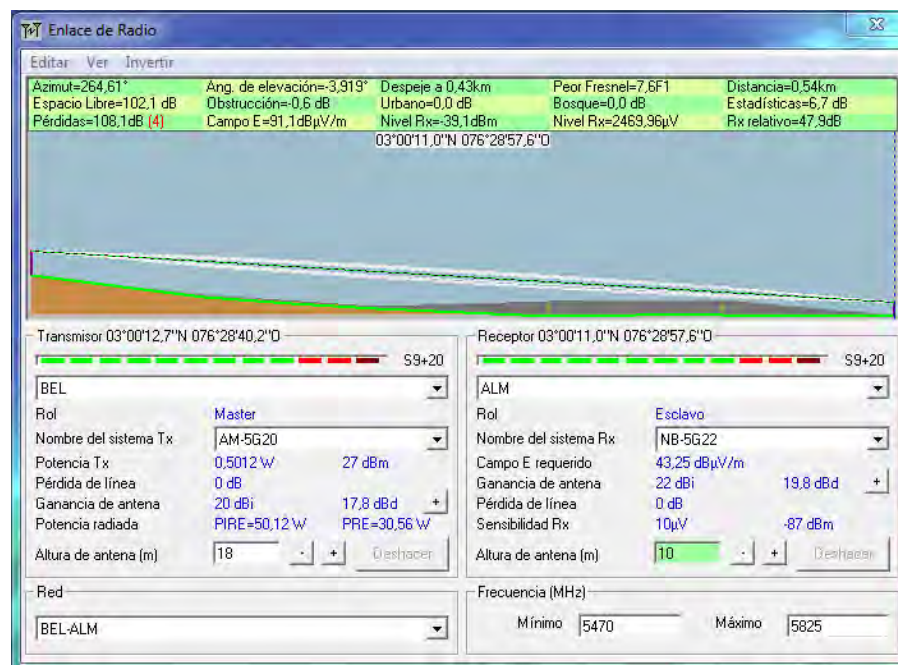




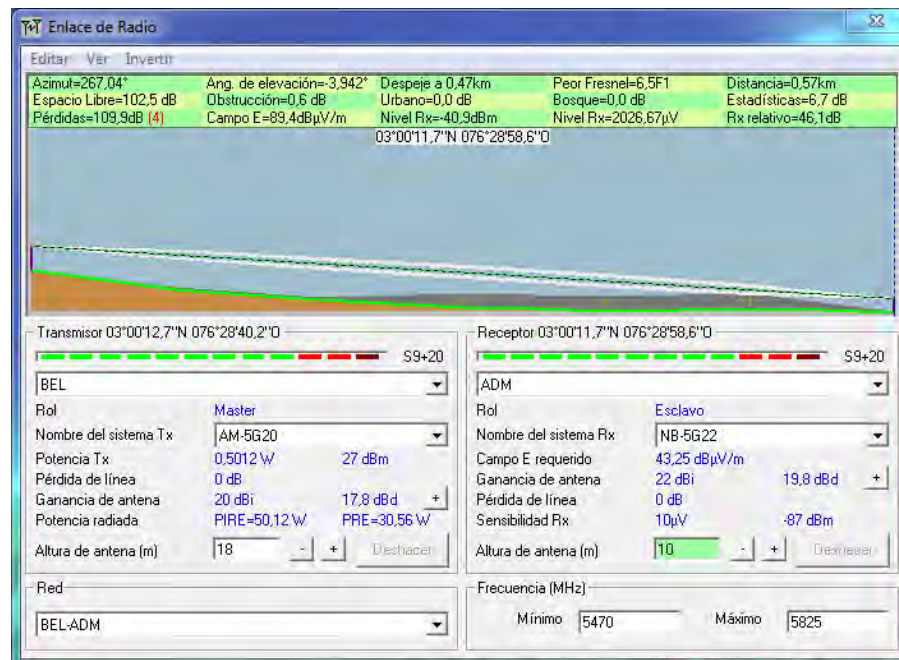
**Figura 99. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y laboratorio de plantas medicinales (LAB2)**



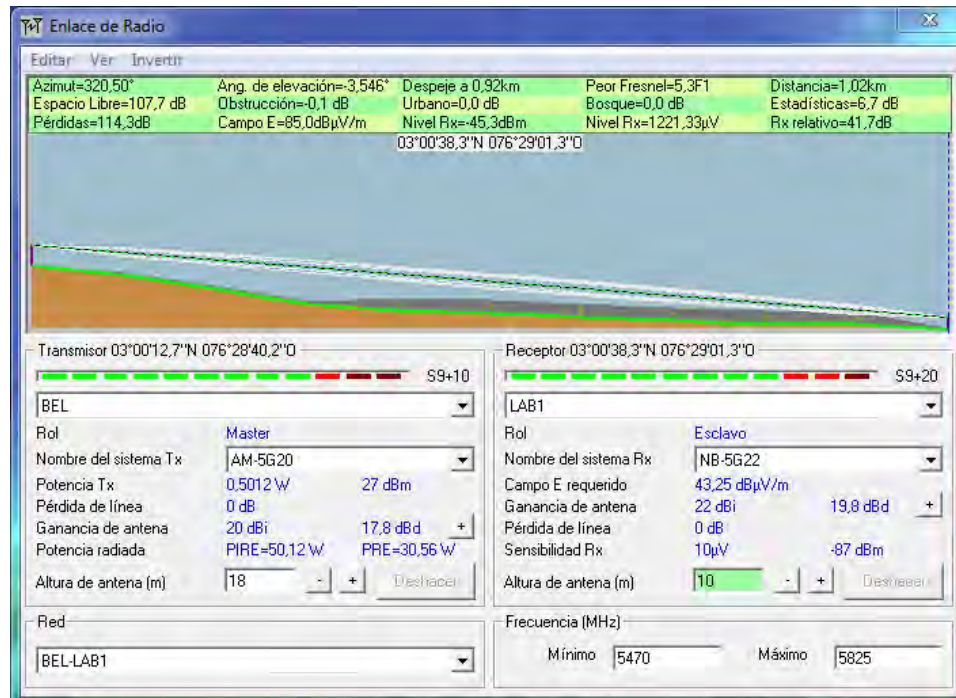
**Figura 100. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Almacén (ALM)**



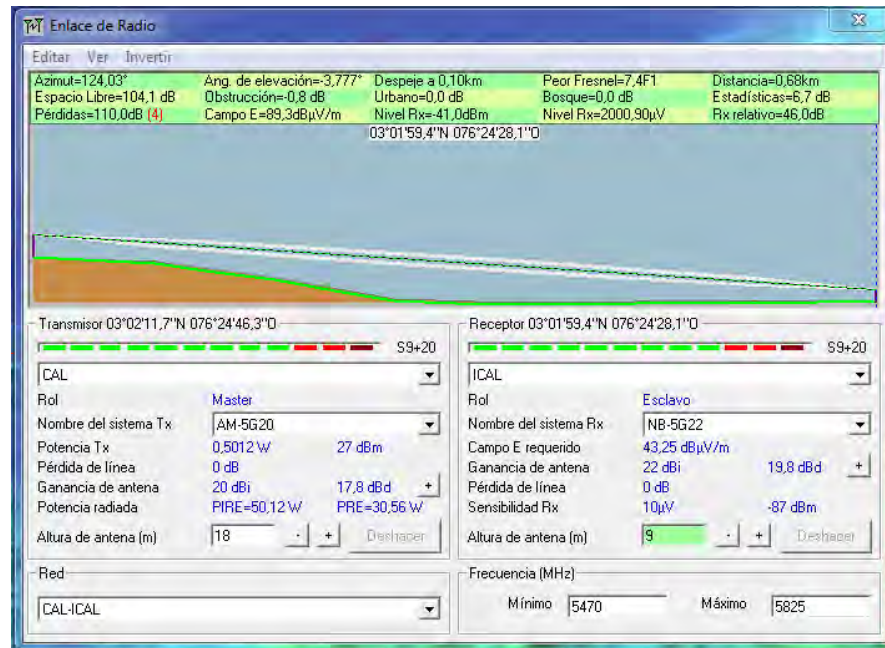
**Figura 101. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Administracion (ADM)**



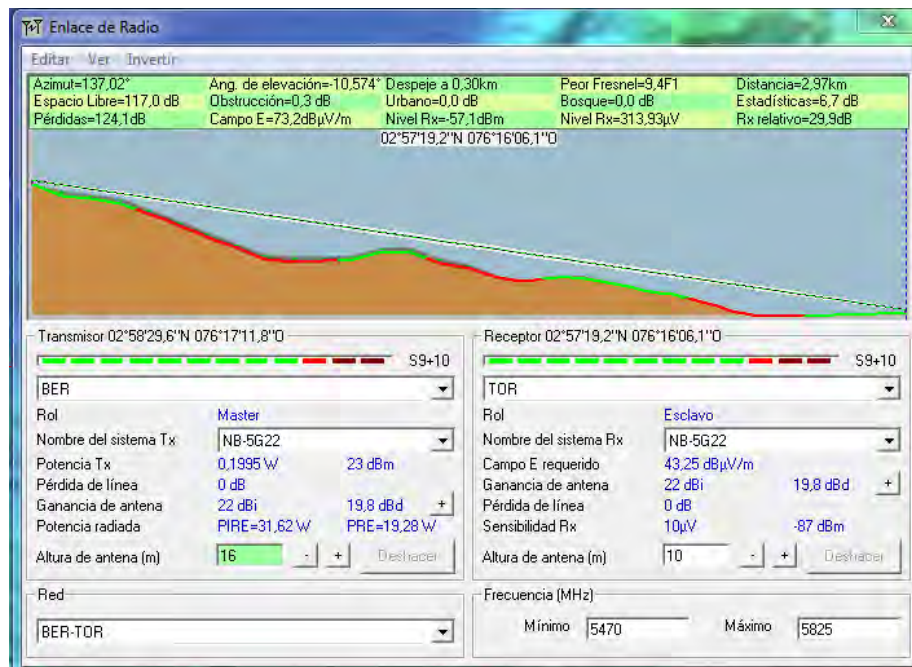
**Figura 102. Perfil enlace wireless entre Belén (BEL) y Laboratorio 1 (LAB1)**



**Figura 103. Perfil enlace wireless entre Caloto (CAL) e IPS-I Caloto (ICAL)**



**Figura 104. Perfil enlace wireless entre Berlín (BER) y Toribio (TOR)**

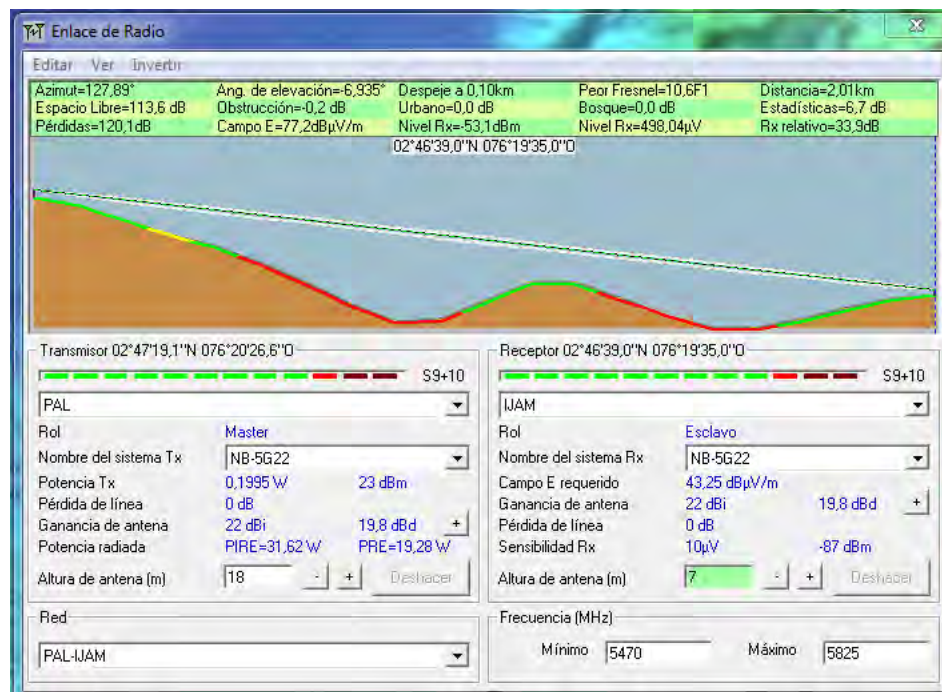




**Figura 105. Perfil enlace wireless entre Toribio (TOR) e IPS-I Toribio (ITOR)**



**Figura 106. Perfil enlace wireless entre Paletón (PAL) e IPS-I Jambalo (IJAM)**



**Figura 107. Precipitaciones anuales en Colombia**



**Fuente:** El clima colombiano.[en línea] [consultado 27 de marzo de 2013]  
 Disponible en internet:  
<http://pwp.supercabletv.net.co/garcru/colombia/Colombia/clima.html>